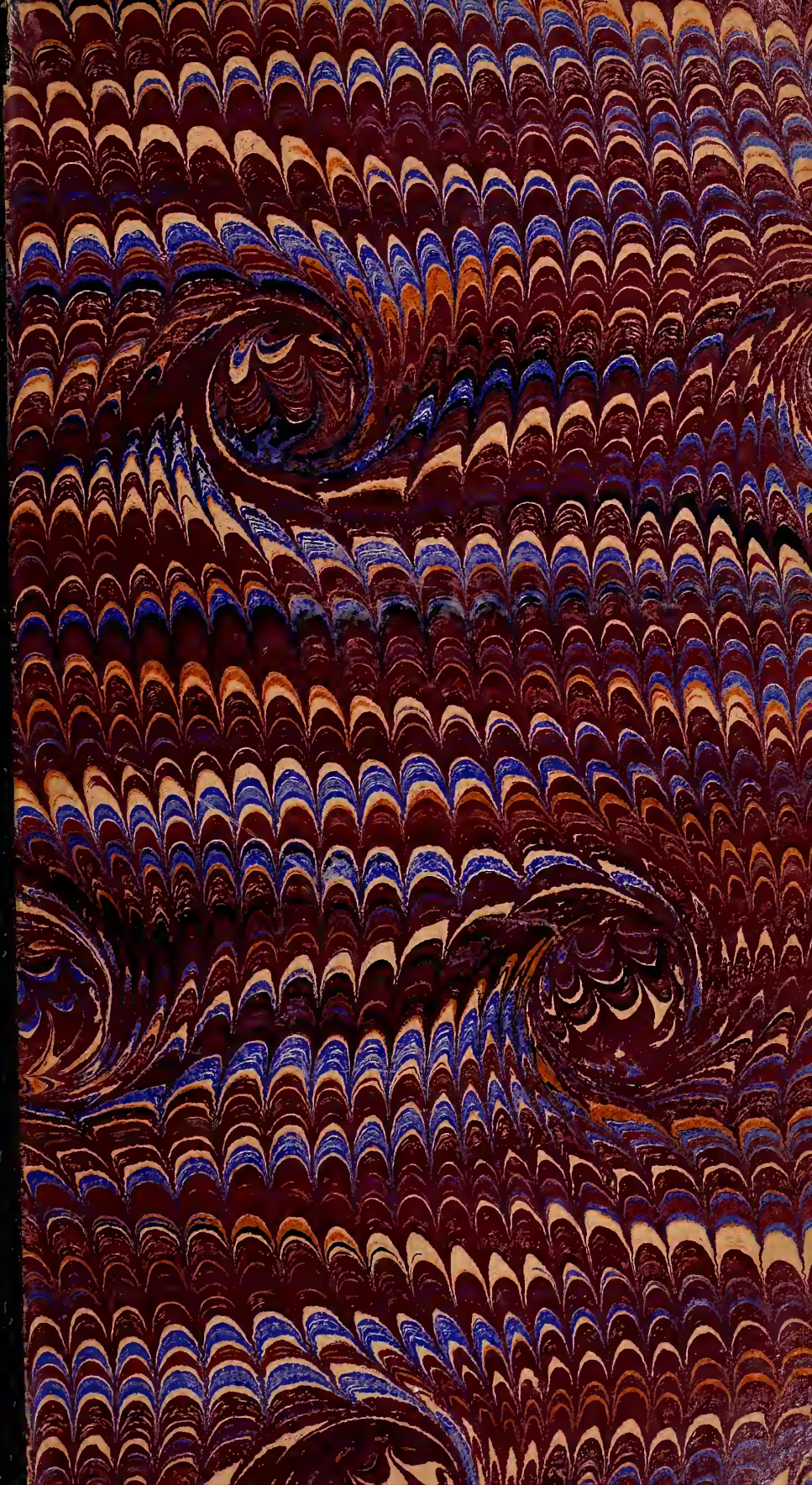


Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(493)B1
ALLEGHENY NEW YORK OF SCIENCE LIBRARY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME I — JANVIER 1902

(VINGT-SIXIÈME ANNÉE; TOME LI DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1902

32387

LE VÉRITABLE CONCEPT

DE LA

PLURALITÉ DES MONDES

La curiosité ou le désir de savoir — disposition (on pourrait dire *passion*) inhérente à la nature humaine et en tout cas des plus heureuses, car c'est d'elle qu'est né l'amour de la science — la curiosité n'est pas seulement une tendance de l'esprit, un besoin de l'intelligence ; elle est aussi parfois une sorte de prurit de l'imagination. En présence des faits que l'observation nous révèle et des théories plausibles auxquelles ils donnent lieu, on est souvent porté à leur ajouter des faits supposés que l'invention suggère, auxquels l'analogie et la similitude peuvent prêter quelque vraisemblance, mais que l'observation ne peut pas vérifier.

Tant que ces adjonctions aux faits réels et contrôlés se tiennent dans le champ de la fiction, du romantisme poétique et littéraire, voire encore de la spéculation philosophique, elles ne sont point nuisibles et peuvent même, renfermées dans certaines limites, offrir quelque utilité. C'est ainsi qu'au XVIIe siècle l'académicien Le Bovier de Fontenelle put écrire, en manière d'agréables délassements, ses fameux *Entretiens sur la pluralité des mondes*. Il ne s'y plaçait qu'à un point de vue purement conjectural, s'appuyant sur l'opinion cosmologique de son temps où régnait encore l'hypothèse cartésienne des tour-

billons, et exposant ses vues en un langage courtois et discret qui n'impliquait ni dogmatisme ni suffisance.

Mais cette extension des hardiesses de la conjecture au delà des faits constatés ou même constatables, présente quelque danger lorsqu'elle prétend s'imposer au nom de la science et s'ériger en une sorte de dogme intellectuel. Elle risque alors d'égarer les recherches, de fausser la méthode et d'introduire, en une trop forte proportion, les rêveries de l'imagination dans le champ de la spéculation légitime.

La question, si agitée de nos jours dans le grand public, si fort à la mode pourrait-on dire, de l'habitabilité des astres, rentre dans cette catégorie. Tant qu'elle n'est soulevée et exaltée que par des savants de petite ou moyenne envergure ou par ceux qui, bien que d'un rang plus élevé, sont connus pour mêler inconsciemment la fiction à la science, même à donner à la première le pas sur la seconde, on peut ne pas s'en préoccuper trop.

Mais quand quelqu'une des plus hautes autorités de la science astronomique, quelque prince du royaume d'Uranie, vient à glisser sur cette pente imaginative et, s'adressant en une circonstance solennelle à la plus haute élite intellectuelle de son pays, affirme que l'habitabilité de planètes autres que la Terre est un résultat que l'on peut considérer comme acquis, « par un ensemble de faits, d'analogies et de déductions rigoureuses qui ne laissent place à aucun doute », que « c'est le fruit mûr et parfait de la science » (1), il importe de montrer qu'il y a, dans ces assertions trop absolues, une illusion de l'esprit, des conclusions que n'autorise pas la rigueur de l'induction purement scientifique.

Déjà la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES a pris, à cet

(1) Discours prononcé le 24 octobre 1896 à la séance publique des cinq sections de l'Institut de France, par M. Janssen, directeur de l'Observatoire de Meudon, le courageux créateur et organisateur de l'Observatoire érigé au sommet du Mont-Blanc. — Ce discours, qui avait pour titre : *Histoire astronomique des planètes*, a été reproduit par l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES pour 1897, Notice E.

égard, l'attitude prudente qui sied. Analysant, dans son numéro de janvier 1897 (t. XI de la 2e série, p. 351) sous la signature J.-B. G., le discours en ce sens du savant académicien auquel il vient d'être fait allusion, elle observe que pour en établir les conclusions d'une manière plausible, il serait nécessaire d'imaginer « un concours identique de circonstances multiples sur lesquelles l'observation reste muette » ; que, pour résoudre un tel problème dont les données semblent manquer de précision, on est dans la nécessité de recourir « à des suppositions trop ingénieuses, trop élastiques pour satisfaire l'esprit ».

Ce n'est pas d'aujourd'hui, au surplus, que cette rêverie de la pluralité des mondes habités hante l'imagination des hommes ; et si Fontenelle l'a revêtue d'une forme plus ample et plus humoristique, il est fort loin d'avoir été le premier à la concevoir. L'antiquité elle-même n'avait pas échappé à cette tendance de la nature humaine, à cette impatience de pénétrer l'au delà, de deviner ce qu'il ne lui est pas donné de constater par l'observation.

Il ne serait pas sans intérêt, pensons-nous, après avoir jeté un rapide coup d'œil historique sur les échappées à diverses époques de l'esprit humain vers des mondes inconnus, d'examiner ce qu'il est permis de penser — soit au point de vue scientifique, soit au point de vue purement rationnel, soit enfin au point de vue qu'on pourrait appeler théologique — de l'hypothèse de l'habitation des astres en général ou au moins de certains d'entre eux.

I

APERÇU HISTORIQUE

Les vues qui ont pu se faire jour à diverses époques sur l'hypothèse de la pluralité des mondes, se lient dans une certaine mesure à l'histoire de l'Astronomie.

Les traces les plus anciennes de cette histoire nous ont été fournies par des *Tablettes* assyriologiques déchiffrées par deux savants astronomes orientalistes, les PP. Strassmaier et Epping (1), jésuites allemands, et mis à la portée du public de langue française par leur non moins savant confrère belge, le R. P. Lucas (2). Bien des siècles avant l'ère chrétienne, les Chaldéens avaient su se rendre compte d'une manière très exacte des mouvements de la Lune ; ils avaient découvert les périodes de la course apparente des planètes, avaient calculé le nombre d'années après lesquelles les « astres errants » se retrouvaient aux mêmes positions et aux mêmes jours de l'année solaire (3). Ce que cela implique d'observations patientes et prolongées est incalculable. Toutefois rien n'autorise sérieusement la supposition que les astronomes chaldéens, dont se sont en partie inspirés les Grecs, se soient préoccupés de savoir s'il existe ou peut exister d'autres terres habitées que la nôtre. Les ciels nombreux et divers des mythologies orientales, peuplés d'esprits et de divinités bonnes ou mauvaises, n'ont aucun rapport avec l'habitabilité des astres, telle du moins qu'on la comprend aujourd'hui.

C'est chez les Grecs qu'on trouve les premières conceptions pouvant se rattacher à cet ordre d'idées. Dans l'École ionienne, Diogène d'Apollonie croyait, dit-on, à la formation et à la destruction des mondes successifs ;

(1) *Astronomisches aus Babylon, oder das Wissen der Chaldäer über den gestirnten Himmel.* Unter Mitwirkung von P. J. N. Strassmaier, S. J., von J. Epping, S. J. Le travail des deux savants jésuites, interrompu par la mort, a été repris et heureusement continué par un de leurs confrères non moins savant et érudit, le R. P. Franz-Xavier Kugler. Cf. REV. DES QUEST. SCIENT., octobre 1901, p. 644 : *Die Babylonische Mondrechnung*, compte rendu par le R. P. H. Bosmans.

(2) *L'Astronomie à Babylone*, in REV. DES QUEST. SCIENT., octobre 1890 et avril 1891, tt. XXVII et XXIX ; *Ephémérides planétaires des Chaldéens*, janvier 1892, t. XXXI, 1er de la 2e série.

(3) J. D. Lucas, *Ephém. plan. Chald.*, p. 70. Ils auraient même connu les principaux phénomènes astronomiques dont la découverte, attribuée à Ptolémée, avait fait la gloire de cet astronome. Cf. H. Bosmans, *loc. cit.*

Anaxagore pensait que la Lune était habitée (1), et Archélaüs son disciple, partageait ses opinions.

D'après Plutarque — sans parler de personnages fabuleux comme Orphée, Linus et Musée — les atomistes, Leucippe, Démocrite, Epicure, les éléates, Xénophane, Parménide, Zénon d'Élée paraissent avoir affirmé l'existence soit d'une infinité, soit au moins de plusieurs mondes. Pythagore, ou son École, a pensé que les planètes sont habitées et que les étoiles sont des soleils (2). Philolaüs, qui faisait tourner la Terre sur elle-même et autour d'un feu central invisible, plaçait des habitants dans la Lune. Xénophane, le fondateur de l'École d'Élée, avait vu des mondes habités, si l'on en croit Cicéron, de tous côtés : *innumerabiles, supra, infra, dextra, sinistra, ante, post, alios mundos esse putat*. L'assertion de Cicéron, soit dit en passant, semble n'être pas exempte de quelque ironie. Cependant l'illustre orateur ne serait pas systématiquement contraire à la conjecture. Il estimerait que puisque la Terre, l'eau et l'air produisent des animaux, « il serait ridicule, selon Aristote, d'imaginer qu'il ne s'en forme point dans la région la plus capable d'en produire qui est celle des astres » (3). On a voulu voir aussi, dans le *Songe de Scipion* du même auteur, quelque allusion à la même pensée.

Lucrèce, le poète matérialiste et athée, estime que « si l'abondance des germes est telle que la vie humaine entière soit impuissante à les compter ; et si la même force naturelle demeure en eux leur permettant de se rassembler en tous lieux et, par la même raison, ici même ; on doit reconnaître que sur d'autres régions de l'univers il existe d'autres terres, d'autres races d'hommes et d'animaux » (4).

(1) Élie Blanc. *Hist. de la philosophie*, t. I, chap. V. Lyon et Paris, 1896.

(2) Laplace. *Précis de l'histoire et de l'astronomie*, in *Exposition du Système du Monde*, 3e édit. t. II, p. 280. Paris, 1808.

(3) *De natura deorum*, Lib. II, 15.

(4) Nunc et seminibus si tanta est copia, quantam
Enumerare ætas animantium non queat omnis ;

On a voulu attribuer à Virgile une pensée analogue parce que, dans la VIe églogue, il esquisse un essai de cosmogonie ; au IVe livre des *Géorgiques*, il parle, à propos des abeilles, des âmes qui, après la mort, toujours vivantes, s'envolent vers les espaces célestes et prennent rang parmi les astres (1) ; enfin au VIe livre de l'Énéide, il fait exprimer à Énée, descendu aux enfers, son étonnement de ce que quelques âmes, *après s'être envolées vers le ciel*, veulent reprendre leur corps (2).

On ne peut voir là que la croyance, qui existait même chez les païens, à l'immortalité de l'âme humaine avec l'idée platonicienne que l'on se faisait du mode d'union de l'âme avec le corps. Pour y trouver une allusion à l'hypothèse du peuplement des astres par des organismes vivants, il faut une perspicacité peu commune ou une foi bien robuste dans l'idée préconçue.

Les partisans de la pluralité des mondes habités auraient eu, à les en croire, dans l'antiquité chrétienne, des prédécesseurs parmi les Pères de l'Église tant grecque que latine, et ils citent en ce sens Origène, saint Jean Chrysostome, saint Basile, Théodoret, saint Ambroise et saint Augustin. Ce serait à vérifier.

Aux écoles d'Alexandrie, durant les quatre premiers siècles de notre ère, et chez les Arabes du moyen âge, l'idée de la pluralité des mondes était déterminée par la croyance à la transmigration des âmes. Mais, aux VIIe et

Visque eadem et natura manet, quae semina rerum
Conjicere in loca quæque queat, simili ratione
Atque huc sunt congesta ; necesse est confiteare
Esse alias aliis terrarum in partibus orbeis
Et variis hominum genteis, et secla ferarum.
(Lucret., *De natura rerum*, Lib. II, vers 1070-1076).

(1) ... Nec morti esse locum, sed viva volare
Sideris in numerum, atque alto succedere cœlo.
(*Georg.*, lib. IV, v. 226-227).

(2) . . Anne aliquas *ad coelum hinc ire* putandum est
Sublimes animas, iterumque in tarda reverti
Corpora ?
(*Eneid.*, lib. VI, v. 719-721).

VIIIe siècles, saint Isidore, évêque de Séville, et le prêtre Virgile auraient admis la pluralité des mondes dans un sens orthodoxe.

Pour retrouver trace de cette préoccupation platonique, il faut franchir sept ou huit siècles — car ni les mystiques ni les scolastiques péripatéticiens de la période médiévale ne paraissent s'en être souciés — et arriver à la Renaissance. On cite divers écrivains de cette époque qui y auraient attaché quelque importance. Les uns, comme Cornelius Agrippa, Paracelse et Giordano Bruno ne paraissent pas d'une autorité bien haute. Plus à considérer seraient les opinions de Nicolas de Cusa, Marcile Ficin, Jean Reuchlin, Christophe Clavius, si tant est que leurs idées sur l'animation des sphères célestes doivent être interprétées dans le sens de leur habitation par des organismes intelligents. Montaigne, plus explicite, s'appuie sur cette considération de possibilité qui ne prouve rien quant au fait, à savoir que rien n'est impossible à Dieu (1).

Aux XVIIe et XVIIIe siècles, faut-il, ainsi que quelques-uns le prétendent, compter Pascal et Gassendi comme acquis à l'hypothèse ? Il est peu sérieux, en tout cas, de leur adjoindre Cyrano de Bergerac qui n'a jamais prétendu écrire autre chose que pure fiction. Et parce que, dans *Le Songe* de Kepler *(Somnium sive opus posthumum de astronomia lunari*, publié par son fils), l'astronome

(1) « De vray, pourquoi [Dieu] tout puissant comme il est, aurait-il restreint ses forces à certaines mesures ? En faveur de qui aurait-il renoncé son privilège ? Ta raison n'a en aucune autre chose plus de vérésimilitude et de fondement, qu'en ce qu'elle te persuade la pluralité des mondes :

Terramque et solem, lunam, mare, cæteraque sunt,
Non esse unica, sed numero magis innumerabili.

» Les plus fameux esprits des temps passés l'ont creuë, et aucun des nostres mesmes, forcez par l'apparence de la raison humaine. »

(Montaigne, *Essais*, éd. de 1602, Liv. II, Chap. XII, p 526).

Cet argument de Montaigne résume tout ce qu'on a jamais pu dire en faveur de la thèse de la pluralité des mondes, établissant une possibilité, une vraisemblance si l'on veut, mais rien de plus.

wurtembergeois expose les phénomènes célestes tels que pourraient les voir des observateurs supposés dans la Lune, cela n'implique pas nécessairement qu'il croyait à l'existence de ceux-ci : quand on définit la parallaxe du Soleil par l'angle sous lequel un observateur placé au centre de cet astre verrait le demi-diamètre de la Terre, cela ne signifie en aucune façon que l'on croie à l'existence de cet observateur.

Est-il bien établi que Huygens ait tenté une démonstration de l'existence d'habitants dans les planètes ? Et de ce que Huet d'Avranches loue de ses opinions Derham, le Fontenelle anglais, cela prouve-t-il qu'il y voie autre chose qu'une fiction ? Le propre ton de Fontenelle lui-même, comme on l'a dit en commençant, est plutôt celui d'un badinage aimable que d'une conviction bien assise.

Le cardinal de Polignac, dans son poème contre le *De natura rerum* de Lucrèce, a pu toutefois se rencontrer avec le poète païen sur l'unique point de la pluralité des mondes ; c'est une vue de poète. Campanella, défendant Galilée, fait allusion à cette pluralité comme une conséquence possible du système que soutenait l'astronome pisan. William Herschel et, après lui, Laplace paraissent avoir admis cette possibilité.

Quant aux poètes, n'oublions pas que, comme dit le bon La Fontaine :

> La feinte est un pays plein de terres désertes,
> Tous les jours nos auteurs y font des découvertes ;

il n'est donc pas étonnant que Milton, dans *Le Paradis perdu*, Klopstock dans *La Messiade*, Chateaubriand, dans *Les Martyrs*, aient exploité une veine aussi favorable aux effets littéraires.

De nos jours, un savant, un astronome de haute marque, le P. Secchi, a exprimé une opinion très favorable à l'hypothèse :

« Que penser, dit-il, de ces étoiles qui sont sans doute,

comme notre Soleil, des centres de lumière, de chaleur et d'activité, destinés comme lui à entretenir la vie d'une foule de créatures de toute espèce ? Pour nous, il nous semblerait absurde de regarder ces vastes régions comme des déserts inhabités ; elles doivent être peuplées d'êtres intelligents et raisonnables, capables de connaître, d'honorer et d'aimer leur Créateur... » (1).

De la part d'une autorité de la gravité de celle du feu P. Secchi, l'expression d'*absurde* pour qualifier une opinion différente, semble un peu risquée. Remarquons toutefois que c'est seulement à la fin d'un compact ouvrage en deux forts volumes grand in-8° que le savant astronome consacre seulement quelques lignes à cette hypothèse et d'une manière en quelque sorte incidente. Nous reviendrons sur cette appréciation.

Feu le bon abbé Moigno, d'une érudition scientifique considérable mais de bien moindre autorité que le P. Secchi, avait émis également des considérations analogues.

Nous aurons occasion d'exposer les vues, en cette matière, non plus seulement de savants proprement dits, mais d'écrivains et d'orateurs sacrés, quand nous examinerons la question au point de vue théologique. C'est alors également que nous étudierons ce que peuvent valoir, devant la saine raison et le sens commun, les arguments contre le dogme chrétien qu'ont voulu tirer de leur marotte les plus fanatiques propagateurs de la « doctrine » *(sic)* de l'habitation des astres.

(1) *Le Soleil*, par le P. A. Secchi, S. J., directeur de l'Observatoire du Collège romain, correspondant de l'Institut de France ; 2e édition, 1877, tome II, pp. 480-481 Paris, Gauthier-Villars. — Dans un ouvrage postérieur, *Les Étoiles* (Paris, Germer-Baillière, 1879) tome II, pp. 189-190, le P. Secchi revient sur cette idée, estimant que, dans l'univers, là où l'incandescence cesse, commence la vie ; « bien que celle-ci ne soit pas accessible à nos télescopes, toutefois, par analogie avec notre globe, nous pouvons en conclure qu'elle existe aussi sur les autres. »

Du rapide aperçu qui précède, il est facile de conclure que si, à toutes les époques, il s'est rencontré des esprits avides de dépasser les bornes assignées à nos connaissances et, voyant beaucoup, portés à rêver de ce qu'ils ne voyaient pas, aucun n'est jamais sorti du champ de la pure hypothèse. Dans l'antiquité et jusque vers la fin du moyen âge, où la véritable constitution physique de l'univers avait à peine été soupçonnée par quelques hommes d'élite, des philosophes et des savants comme Héraclide du Pont, Aristarque de Samos, Archimède et Ptolémée, l'idée de mondes habités autres que la Terre ne pouvait être que vague, sans détermination précise et fondée seulement sur des données imaginaires.

Ce n'est que quand, à la suite des travaux de Copernic, de Kepler et de Galilée, l'idée du véritable système de l'univers commença à pénétrer dans les esprits, que l'hypothèse de la pluralité des mondes put s'appuyer sur une base déterminée et précise. Aussi est-ce avec Fontenelle qu'elle commença à prendre une forme raisonnée et systématique, l'allure d'une théorie ordonnée et bien liée. Mais, pas plus alors que précédemment, elle n'apporta avec elle cette certitude qui, dans l'ordre des phénomènes extérieurs, ne repose que sur l'observation et la constatation matérielle.

Voyons si les nouveaux moyens d'investigation découverts et employés depuis lors, ont fait avancer sensiblement la question.

II

LA PLURALITÉ DES MONDES AU POINT DE VUE PUREMENT SCIENTIFIQUE

Il est certain que les progrès étonnants réalisés dans l'astronomie physique à l'aide des merveilleux instruments d'observation que sont les différents systèmes de lunettes

astronomiques, dont le premier inventeur fut Galilée — progrès considérablement amplifiés à partir de 1860-1861 par l'analyse spectrale, l'immortelle découverte de Kirchhoff et de Bunsen, et plus tard par l'application de la photographie à l'exploration du ciel — il est certain que les progrès réalisés jusqu'à nos jours dans la connaissance des astres et des lois qui les régissent, sont plus favorables qu'opposés à une hypothèse chère aux imaginations ardentes.

Toutes les planètes, la Terre comprise, décrivant autour du Soleil des ellipses peu allongées dont le Soleil, par son centre, occupe l'un des foyers ; leurs vitesses respectives étant réglées par une même loi, la loi des aires ; les grands axes de ces orbites étant liés par un rapport assez simple aux temps employés à les parcourir ; on en conclut avec raison que la Terre, au point de vue mécanique, ne se distingue point des autres planètes ; et l'on est assez naturellement amené à penser que celles-ci lui ressemblent de même physiquement.

Cette présomption est en partie vérifiée par les observations ultérieures. De puissants instruments d'optique nous montrent les planètes sphéroïdales comme la Terre, nous révèlent leur atmosphère, leurs satellites, les principaux accidents de leur surface, autant de traits de ressemblance ou au moins d'analogie avec notre propre sphéroïde. L'analyse spectrale et la photographie achèvent la démonstration de l'unité de composition des matériaux dont le Créateur s'est plu à former l'Univers ; la première a permis notamment de constater l'existence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de plusieurs planètes.

Par les mêmes moyens d'information, l'on a pu constater jusqu'à l'évidence que les étoiles improprement appelées fixes sont autant de soleils semblables au nôtre, doués comme lui d'une lumière propre. Quelques-unes, dit le P. Secchi, « sont escortées d'un ou plusieurs satellites lumineux, d'autres de satellites obscurs dont l'exis-

tence est assez prouvée par les phénomènes que présentent leurs faces lumineuses et leurs mouvements » (1).

De là à conclure, l'imagination aidant, que *toutes* les fixes sans exception sont entourées chacune d'un cortège de plusieurs planètes dans des conditions semblables à celles de notre système solaire, il n'y a qu'un pas. Ce pas, bien que rien n'y autorise, plusieurs n'ont pas résisté à la tentation de le franchir.

Mais même, sans aller jusque-là, est-il bien sûr qu'il existe « un ensemble de faits, d'analogies et de déductions rigoureuses ne laissant place à aucun doute » sur l'habitation de plusieurs des planètes de notre système, et que ce fait supposé soit un « fruit mûr et parfait de la science » ? Est-il bien certain ou même seulement « infiniment probable » que les agents indispensables à la vie organique sur la Terre « ont un rôle analogue non seulement dans les autres planètes de notre système, *mais encore dans tout l'Univers* » (2) ?

Si grand que soit le poids de la parole et de l'opinion d'un savant de l'autorité et de la situation de l'éminent directeur de l'Observatoire de Meudon, elles n'excluent pas cependant tout raisonnement à tendance différente. Un de ses collègues de l'Institut, d'une situation non moindre, a aussi envisagé la question de la pluralité des mondes dans l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES pour 1874, et, depuis, dans les trois éditions de son livre *Sur l'origine du Monde*, dont la dernière est de 1896. Le très éminent doyen du Bureau des Longitudes, le vénérable M. Faye, ne nie pas la *possibilité* de la pluralité des mondes habitables ou habités ; il exprime même l'opinion très sensée qu'il serait puéril de la nier. Mais il pose très sagement, trois affirmations que l'on peut développer comme suit :

(1) *Les Étoiles, essai d'astronomie sidérale*, t. II, p. 184.

(2) Conférence faite à la Société industrielle de Mulhouse par M. Janssen, sorte de réédition du mémoire lu à la séance générale des cinq sections de l'Institut.

1° Notre Soleil et les innombrables autres soleils qui, sous le nom d'étoiles fixes, remplissent l'immensité, ne sauraient servir de théâtre à la vie puisqu'ils sont incandescents.

2° En ce qui concerne les planètes pouvant exister ou existant en circulation autour de chacun de ces centres ignés, nous ne savons rien de leur état, de leur existence même dans la plupart des cas, et à plus forte raison de leur habitabilité ; nous n'en savons rien et, selon toute vraisemblance, n'en saurons jamais rien.

3° Restent les planètes de notre système solaire et leurs satellites. Or, malgré toutes les analogies, ce qu'on a pu constater jusqu'ici de leurs constitutions et conditions respectives semble peu compatible avec les données de la vie organique telle que nous la connaissons.

Ces données sont renfermées dans des limites assez étroites. Il y a d'abord celle de la température. Entre ce que l'on est convenu d'appeler le *zéro absolu* (— 273° C) et les chaleurs effroyables qui règnent dans les sphères incandescentes, la vie biologique n'est possible que dans une zone bien peu large : au-dessous de 0° C et au-dessus de 60° C les germes ne se développent point, sauf peut-être ceux des organismes microscopiques qui évoluent dans des limites un peu moins étroites mais fort resserrées encore.

L'éclosion et le développement de la vie réclament aussi des conditions mécaniques. Si la Terre tournait 17 fois plus vite, la pesanteur serait annulée à l'équateur par la force centrifuge. Il faut aussi une masse suffisante ; autrement il suffirait qu'une pierre fût lancée par la main d'un enfant pour, ne retombant pas, devenir un satellite : tel serait le cas des quatre ou cinq cents petites planètes circulant entre Mars et Jupiter. L'ellipse décrite par une planète autour de son foyer igné doit différer peu d'un cercle : trop allongée, elle entraînerait d'excessifs écarts de température.

Il faut aussi, pour la stabilité des mers, que la densité de la planète soit supérieure à celle de l'eau avec une écorce solide convenablement résistante, et que les bouleversements géologiques aient amené à la surface et mis en circulation une quantité de chaux suffisante. Bien que l'analyse spectrale nous montre partout les mêmes corps élémentaires que sur la Terre, ils ne sont pas toujours également répartis. L'hydrogène, par exemple, manque totalement dans certaines étoiles, l'oxygène dans certains uranolithes (syssidères). Les atmosphères de Jupiter, de Saturne et d'Uranus montrent au spectroscope une composition toute différente de la nôtre. D'autre part si l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone sont partout nécessaires à la vie, d'autres éléments, quoiqu'en proportion bien moindre, n'y sont pas moins indispensables. Il faut, aux plantes et aux animaux, du phosphore sous forme de phosphate, quelques traces d'iode, quelques dix-millièmes d'anhydride carbonique, etc., etc.

Il faut encore que les éléments générateurs de la lumière, autrement dit les sept nuances visibles du prisme solaire, soient répartis de manière à produire une lumière blanche ou tirant sur le blanc. De curieuses expériences ont montré que là où l'une des sept couleurs prédomine fortement sur les autres, rouge, bleu ou violet, par exemple, la lumière ainsi modifiée devient impropre à entretenir la vie végétative et, par suite, toute vie organique.

On voit, dit fort sensément M. Faye, « combien les conditions de la vie sont à la fois multiples et délicates. Le jeu naturel des forces mécaniques qui ont présidé à la transformation d'un amas cosmique de matière disséminée pour aboutir à un monde quelconque n'a pas de rapport (nécessaire) avec l'ensemble des conditions de la vie... La nature a donc dû former un grand nombre de mondes pour qu'un milieu habitable se soit produit çà et là par un heureux concours de circonstances favorables. C'est ainsi qu'elle multiplie énormément, sur notre propre globe, les

germes exposés à périr, afin que quelques-uns d'entre eux rencontrent la chance rare qui leur permettra de vivre. Ainsi *il serait puéril de prétendre qu'il ne peut y avoir qu'un globe habité dans l'Univers* ; mais il serait tout aussi insoutenable de prétendre que tous ces mondes soient habités ou doivent l'être » (1).

Sans doute les diverses considérations résumées ou rapportées ci-dessus peuvent prêter à discussion. Il est permis de répondre que les conditions de la vie sont extraordinairement variées déjà sur la sphère terrestre, et qu'il n'y a rien de déraisonnable, rien d'illogique à admettre, pour des conditions ambiantes différentes, d'autres conditions physiologiques de la vie. Cette réplique, tout indiquée, l'on ne s'est pas fait faute et de l'énoncer, et de la développer, et de l'amplifier en des tirades plus ou moins éloquentes. Sans les analyser, bornons-nous à en montrer la portée, en quelques lignes du P. Secchi :

Ce serait une vue bien étroite, dit le célèbre astronome du Collège romain, « de vouloir façonner tout l'univers sur le type de notre petit globe, tandis que notre système relativement microscopique nous présente tant de variété ; il n'est pas philosophique de prétendre que tout astre doit être habité comme le nôtre et que, dans tout système, la vie est limitée aux satellites obscurs. Il est vrai que chez nous elle ne peut exister qu'entre des limites de température très restreintes, c'est-à-dire entre zéro et 40° ou 45° centigrades : mais qui peut savoir si ce ne sont pas là des limites dépendant de nos organismes » (2) ?

Il nous semble, toute part faite à l'autorité qui s'attache au nom et à la mémoire de l'illustre astronome, que cette dernière considération sort un peu du cadre étroit de la science pure. Supposer, sur l'unique base de l'analogie, l'existence de la vie telle que nous la connaissons, en des

(1) H. Faye, de l'Institut. *Sur l'origine du monde*, 3e édit. 1896, p. 309.
(2) Le P. Secchi, directeur de l'Observatoire du Collège romain. *Les Étoiles*, t. II, p. 190.

lieux où il nous est impossible d'aller voir, c'est déjà s'aventurer hors du terrain scientifique proprement dit. Mais insinuer la possibilité d'une vie physiologique qui ne serait pas « limitée aux satellites obscurs », autrement dit, qui s'épanouirait au sein des matières à l'état de fusion ignée dont se composent les soleils, c'est se lancer dans la sphère illimitée du rêve et de l'imagination.

Assurément Dieu, étant tout-puissant, peut s'il lui plaît, créer des êtres raisonnables bien que non exclusivement spirituels, et organisés de manière à pouvoir vivre soit dans l'atmosphère embrasée du Soleil ou de Sirius, soit dans le sol glacé et à peu près sans air de la Lune, soit dans tout autre genre de conditions incompatibles avec la vie terrestre. Rien de tout cela n'impliquant contradiction, tout cela est possible à Dieu (1). Mais étendre jusque là l'hypothèse de la pluralité des mondes, c'est lui retirer le peu de surface de contact qu'elle pouvait avoir avec la science, pour tomber dans le domaine exclusif de l'arbitraire et de la fantaisie.

Mieux vaudrait, pour mettre des habitants dans le Soleil et les étoiles, revenir à la vieille théorie d'Herschel, reprise par Arago et par Liais (2), mais tout à fait abandonnée aujourd'hui, et qui faisait de l'astre vivifiant un globe solide et froid entouré, à distance de sa surface, d'une photosphère lumineuse, celle-ci séparée du noyau central par une atmosphère suffisamment large et chargée de nuages. Nous n'en parlons ici que pour mémoire : les constatations de l'analyse spectrale (laquelle n'existait pas au temps d'Herschel et même d'Arago et qui n'en était encore qu'à ses débuts quand écrivait Emmanuel Liais) ne laissent aucun doute aujourd'hui sur l'état exclusivement incandescent du Soleil et des étoiles.

Ne parlons pas des comètes, ces effluves capricieux et

(1) *Quidquid contradictionem non implicat, Deus potest*, dit saint Thomas.

(2) Emm. Liais, *L'Espace celeste et la nature tropicale*. Paris, 1866.

gazéiformes ; car, à vouloir les peupler, pourquoi ne pas peupler aussi les aérolithes et les étoiles filantes ?

Restons donc sur le seul terrain où l'hypothèse de la pluralité des mondes ait quelque attache scientifique, celui de la vie physiologique telle que nous la connaissons et pouvons la concevoir.

Sur ce terrain-là, les objections du vénérable M. Faye gardent toute leur force ; elles n'impliquent nullement, il est vrai, l'impossibilité de la théorie, mais elles rendent très improbable son extension à la totalité des planètes connues et supposables.

En cet état, il semble oiseux de discuter en détail, pour chaque astre de notre système, les considérations spéciales indiquées en faveur de leur habitabilité. D'autant plus qu'on est fort loin d'être fixé sur le mode d'être de chacun d'eux. Mercure et Vénus exécutent-ils leur mouvement de rotation dans le même temps que leur révolution autour du Soleil, comme fait la Lune autour de la Terre ? M. Schiaparelli le pense, bien que le fait ne soit pas encore dûment établi ; en tout cas, leur rapprochement trop grand de l'astre central implique une température peu favorable à la vie physiologique telle qu'elle nous apparaît.

A l'autre extrémité du système, Neptune et Uranus, probablement les derniers formés de tout le cortège solaire, avec leurs axes inclinés, le second de 98°, le premier de 146°, sur le plan de l'écliptique, semblent n'avoir pas encore dépassé la période gazeuse de leur évolution, et leurs années sont respectivement de 84 ans passés pour Uranus, de 164 à 165 ans pour Neptune. On n'est pas assuré que les planètes Saturne et Jupiter soient entièrement solidifiées à la surface et ne soient pas encore à l'état de liquide incandescent.

Reste la planète Mars. Car, pour les planètes télescopiques, au nombre de plus de 450, *Vesta*, la plus volumineuse, n'a pas 500 kilomètres de diamètre, moins que la

distance de Paris à Lyon, et la pesanteur y doit être notoirement insuffisante. Reste donc la planète Mars avec les habitants supposés de laquelle on a proposé sans rire d'établir une correspondance par signaux. Une bonne âme a même légué une somme de cent mille francs à l'Institut de France pour être offerte à l'heureux astronome qui parviendrait à établir cette correspondance.

De tout le cortège planétaire du Soleil, Mars est assurément l'astre dont le régime semble offrir le plus d'analogie avec celui de la Terre. Son atmosphère ; ses calottes polaires de glaces ou de frimas qui s'étendent à la saison d'hiver et décroissent à la saison estivale ; son axe incliné seulement de $30°18'$ sur l'équateur ; sa rotation diurne s'effectuant en $24^h\ 39^m\ 51^s$; sa densité très voisine de celle de la Terre : voilà autant de circonstances favorables à l'hypothèse de l'existence de la vie à sa surface. En fait, la vie végétative paraît probable sur une partie de cette surface.

Je dis *probable*, je ne dis pas *certaine*.

L'interprétation la plus récente et jusqu'ici la plus vraisemblable des fameux « canaux » de Mars, des « lacs » qu'ils sont censés traverser, comme des « continents » et des « mers » de la planète, est celle-ci : Les « canaux » seraient des bandes de végétation occupant des vallées profondes ; les « lacs » qu'ils traversent ou auxquels ils aboutissent, seraient comme des oasis au sein des « continents », vastes plateaux surélevés mais arides et glacés. Enfin les vastes dépressions qu'on a appelées « mers », seraient des plaines basses, imprégnées d'une humidité suffisante pour entretenir une certaine végétation.

Cette interprétation est notamment celle de M. le colonel du Ligondès et de M. l'abbé Moreux, pour qui Mars, planète jeune encore, serait parvenue à une ère géologique comparable à notre époque primaire (1). D'autres

(1) Voir un article de M. l'abbé Moreux, intitulé : *Vues nouvelles sur la planète Mars*, in REV. DES QUEST. SCIENT. d'octobre 1898.

savants, suivant les vues de M. Percival Löwel, considèrent au contraire Mars comme une planète à son déclin, proche de sa fin, ayant absorbé, bu, presque toute son eau superficielle, et qui ne conserverait plus que quelques traces d'humidité dans les parties basses et aux pôles, entretenant la végétation dans les prétendus canaux, lacs et mers (1).

Quelle que soit, de ces deux théories, celle qui se rapproche le plus de la réalité, il n'en ressort pas moins que la vie sur la planète serait une vie soit rudimentaire, soit expirante, exclusive de toute vie supérieure et surtout raisonnable, au moins aux temps présents.

Au résumé, de tous les objets de l'univers sidéral accessibles à l'observation, la planète Mars est le seul sur lequel, dans l'état actuel des connaissances, on puisse avec quelque probabilité conjecturer l'existence de la vie organique, laquelle n'y existerait qu'à l'état de germe ou de débris. Vie naissante ou mourante, espoir ou souvenir d'une vie plus haute, mais dans l'un ou l'autre cas non contemporaine de celle de l'humanité.

III

AU POINT DE VUE RATIONNEL

Cette dernière observation n'est pas sans importance ; elle est d'une application assez générale et montre que le principe de l'habitabilité possible du plusieurs astres n'implique point une habitation simultanée. M. Flammarion lui-même — l'apôtre de la « grande doctrine » *(sic)* de la vie universelle et qui verrait volontiers, comme, d'après Cicéron, faisait Xénophane, des habitants sidéraux partout, « innombrables, dessus, dessous, à droite, à gauche,

(1) Voir, dans la même livraison de la REVUE, un article de M. Stainier, intitulé : *La fin du monde.*

avant, après » — M. Flammarion en convient lui-même. Et en effet, quand, il y a tout au plus vingt mille ans, probablement moins, le premier couple humain apparut, entre les deux dernières expansions glaciaires, sur la surface du sphéroïde terrestre, il y avait, selon l'estime des plus éminents géologues (Dana en Amérique, en France M. de Lapparent), quatre-vingt-dix ou cent millions d'années que les premiers effluves, les premières traces de la vie avaient surgi à la surface de ce petit soleil à peine éteint et mal refroidi. Que de flores, que de faunes s'étaient développées, éteintes et renouvelées durant les millions et les millions d'années des âges primaire, secondaire, tertiaire, postpliocène, sans qu'aucun être doué d'intelligence et de raison fût présent, capable d'en admirer l'harmonique succession et la beauté !

Qu'est-ce que dix, quinze, vingt mille années même devant les quatre-vingt ou cent millions d'années de vie végétale ou animale qui avaient précédé ! Combien de milliers ou peut-être de millions d'années s'étaient-ils écoulés encore entre le moment où, la période solaire du globe terrestre étant achevée, il commença à ne plus rayonner autour de lui de la lumière, et celui où sa superficie, son écorce enveloppante, fut assez refroidie pour que la vie organique pût commencer à y prendre pied ? On l'ignore ; mais comparativement aux éphémères années de la vie humaine, ce temps dut être fort long.

Or, en supposant que la destination invariable, tant des planètes connues que de celles qui sont soupçonnées ou supposées dans les insondables profondeurs sidérales, soit, toujours et partout, de servir de séjour, durant une certaine période de leur évolution, à des êtres corporels doués de raison, — il se peut, il semble même probable que cette période soit très courte relativement aux

périodes antérieures, ainsi qu'il paraît en être pour la Terre (1).

Envisagée à ce point de vue, la question de l'habitabilité des astres perd une bonne part de son caractère troublant et passionnant. Quand même il serait certain que l'existence de la vie sur plusieurs planètes serait un résultat acquis « par un ensemble de faits, d'analogies et de déductions rigoureuses ne laissant place à aucun doute », ce dont il est permis de douter, il n'y aurait pas grandes conclusions à en tirer quant à une vie intelligente et raisonnable.

Cette dernière considération, qui tient tout à la fois de l'ordre scientifique et de l'ordre rationnel, justifie l'appréciation citée plus haut du vénérable M. Faye, à savoir que s'il serait puéril de prétendre qu'il ne peut y avoir qu'un globe habité dans l'univers, il serait tout aussi insoutenable d'affirmer que tous ses mondes soient habités ou doivent l'être, le mot *habité* s'entendant surtout au sens d'êtres raisonnables.

On met en avant d'autres considérations.

Étant donnée la théorie cosmogonique qui prévaut aujourd'hui, on en conclut (un peu témérairement peut-être) que toutes les étoiles fixes correspondent chacune à un système solaire analogue au nôtre, passant, ayant passé ou devant passer identiquement par les mêmes phases. D'après la filière de ce raisonnement, la Terre ayant, au commandement du Créateur, produit des êtres raisonnables, toutes les autres planètes du système, voire leurs

(1) En ne tenant compte ni des causes morales et économiques pouvant abréger les jours de l'humanité, ni de l'éventualité toujours possible bien que scientifiquement peu probable d'une collision fortuite du globe terrestre avec quelque astre égaré dans les espaces célestes, les géologues estiment que, par la seule action corrosive des eaux, de la mer sur les côtes et surtout des cours d'eau sur leur lit et leurs rives, la terre entièrement nivelée sera rendue inhabitable pour l'homme et les organismes supérieurs, avant quatre à cinq millions d'années, soit 5 p. c. au plus de la vitalité antérieure.

satellites, doivent ou ont dû en produire, et pareillement les planètes et lunes de tous les autres systèmes.

Cette considération n'est pas très probante ; elle ne repose que sur des hypothèses. La première hypothèse est la théorie cosmogonique, fort compliquée, partant fort incertaine et sur laquelle sont en désaccord des savants de premier ordre. D'ailleurs l'unité de substance élémentaire, rendue infiniment probable par l'analyse spectrale, comme l'unité de lois, n'entraîne pas l'uniformité de répartition et de combinaison parmi les éléments, non plus que l'uniformité dans l'application des lois, cette application pouvant varier avec les circonstances. Ce n'est que par pure hypothèse que l'on peut poser de telles affirmations. De même le commandement par le Créateur, au sol, aux airs et aux eaux de la Terre, de produire des plantes et des animaux, n'implique en aucune façon qu'il ait adressé un commandement identique à toutes les planètes qui ont pu se former.

L'immense étendue de l'Univers, l'infime petitesse de notre monde par rapport à lui, enfin la souveraine Sagesse qui ne fait rien en vain, sont aussi invoquées comme preuves à l'appui de l'habitation des astres.

L'immensité de l'Univers est un reflet de l'infinité et de la magnificence de son divin Auteur. Mais cette immensité matérielle n'a pas de commune mesure avec les âmes, qui sont des esprits. Peu importe la dimension des corps auxquels ces esprits sont unis et l'exiguïté de leur séjour. Une seule âme, créée par Dieu à son image et ressemblance, a plus de valeur, en sa simple unité, que tous les soleils, toutes les planètes et tous les objets sidéraux quels qu'ils soient, tous ensemble. A ce point de vue, la considération des dimensions matérielles et spatiales comparées à notre infime petitesse corporelle est sans valeur.

La Sagesse souveraine à laquelle font appel les enthousiastes de l'habitation des astres, ne se mesure pas à la nôtre. Il est bien certain et de toute évidence qu'elle ne

fait rien en vain, et que tout, dans l'œuvre créatrice, a son but, sa fin, sa raison d'être, aussi bien dans l'ensemble des immensités intersidérales que dans les plus infimes détails de la nature :

> Tout est beau, tout est grand, tout est bien à sa place
> Au regard de Celui qui fit l'immensité :
> L'insecte vaut un monde ; ils ont autant coûté.

Mais il n'en résulte en aucune façon que la fin pour laquelle Dieu a créé ces myriades de mondes soit la même pour tous, et que, faute d'avoir mis, dès à présent, « dans ces milliards de mondes, des intelligences capables de recevoir et de comprendre la révélation de Dieu qu'est l'univers », la Sagesse divine soit en défaut. Poser une telle alternative, comme le font inconsciemment, croyant y trouver une démonstration, les partisans intolérants de l'habitation de tous les astres, c'est en quelque sorte faire injure à Dieu lui-même ; c'est rapetisser l'Intelligence infinie à l'étendue, bornée et limitée de tous côtés, de notre petite intelligence créée, en condamnant comme vaine et sans but une partie de l'œuvre divine, à moins de la conformer au caprice de notre imagination.

Cela rappelle une des plus jolies fables de La Fontaine, *Le gland et la citrouille*. Un brave homme trouve mauvais que la citrouille ne soit pas suspendue au chêne en place du gland, et le gland porté par la cucurbitacée, et il s'écrie :

> C'est dommage, Garo, que tu n'es point entré
> Au Conseil de celui que prêche ton curé.
> Tout en eût été mieux ; car pourquoi, par exemple,
> Ce gland qui n'est pas gros comme mon petit doigt
> Ne pend-il pas en cet endroit?
> Dieu s'est mépris. Plus je contemple
> Ces fruits ainsi placés, plus il semble à Garo
> Que l'on a fait un quiproquo.

Vous rencontrez de braves gens qui vous disent naïvement : « Tous les milliards de mondes qui remplissent l'immensité sont habités par des êtres raisonnables, car sans cela le but de la création est complètement manqué,

ou plutôt la création est sans but, la Sagesse divine est en défaut. » Ce qui revient à dire : Les choses sont ou doivent être ce que Garo veut qu'elles soient, autrement il n'est pas douteux pour Garo que Dieu a fait un quiproquo.

Concluons que la Sagesse du souverain Auteur de toutes choses dépasse nos concepts de tout ce dont l'infini dépasse le fini ; que la portée de ses vues et des fins qu'Elle veut atteindre surpasse de même à l'infini celle des fins et des vues que nous pouvons concevoir, et qu'il n'y a aucun argument à tirer du principe de finalité en faveur ou à l'encontre de telle ou telle destination qu'il peut plaire à notre esprit d'affecter aux mondes dont le mode d'existence nous échappe.

Donc, au point de vue rationnel comme au point de vue scientifique, la thèse de l'habitation des astres est une simple possibilité qui n'implique nulle certitude.

IV

LA PLURALITÉ DES MONDES INDÛMENT OPPOSÉE AU DOGME CHRÉTIEN

Ce point admis de la simple possibilité de l'habitation par des êtres raisonnables d'un certain nombre de planètes soit dans notre système solaire, soit dans des systèmes analogues supposés aux étoiles fixes, mais cette possibilité étant acceptée, nous nous trouvons en face de deux autres ordres d'adversaires qu'il est nécessaire de combattre.

Il en est qui, érigeant cette simple possibilité en certitude acquise et indiscutable, en dogme scientifique, s'en font une *arme* contre le dogme chrétien et prétendent, au nom de leur soi-disant « doctrine », renverser celle de l'Église. Il y a là toute une sophistique qu'il faut démasquer.

Par un effet de réaction assez naturel, nous rencontrons des adversaires d'ordre opposé, qui nient, précisément au nom du dogme, toute possibilité d'admettre des êtres raisonnables ailleurs que sur le globe terrestre. Nous montrerons que leur point de vue est faux et que leur attitude est plus nuisible qu'utile à la cause qu'ils ont la louable intention de servir.

Occupons-nous d'abord du premier groupe de ces adversaires.

A leur tête est — pourquoi ne pas le nommer ? — M. Camille Flammarion, secrétaire de la Société astronomique de France, qui s'en est fait une spécialité. Son raisonnement, qui est celui de tous ceux qui le suivent, n'a pourtant pas grande portée.

On commence par imputer à dogme à l'Église le système astronomique appelé *géocentrique*, cher à l'antiquité et au moyen âge, d'où résulterait que l'Univers tout entier ne serait que l'accessoire et comme l'encadrement du petit globe qui nous porte, erreur renversée par les travaux de Copernic, de Kepler, de Galilée et de Newton. D'autre part, la croyance de l'Église au rôle prépondérant de l'homme dans la création a été sapée à la base par Lamarck, Darwin et toute l'école évolutionniste.

J'ajouterai que si, à ces deux imputations se joint l'affirmation tranchée et cassante au nom de la science (qui n'en peut mais), de la vie organique et raisonnable répandue à profusion dans tous les astres dont se compose l'univers, nos adversaires, *leurs prémisses admises*, auraient toute facilité de nous battre et de nous confondre.

Seulement, ces fameuses prémisses n'existent que dans leur préjugé et leur ignorance. La théorie géocentrique de l'Univers n'a jamais été enseignée par l'Église. Si elle a soulevé quelque difficulté au temps de Galilée, c'est pour s'être trop brusquement heurtée aux idées universellement reçues à cette époque et pour avoir voulu

mêler inopportunément une théorie scientifique toute nouvelle et non encore éprouvée à la question religieuse. C'est à l'opinion publique d'alors qu'il faut s'en prendre, opinion remontant à plusieurs milliers d'années, et non à l'Église elle-même. La preuve c'est que, un siècle auparavant, Copernic n'avait encouru aucun blâme pour avoir, le premier, proposé la théorie héliocentrique. Il avait même dédié son célèbre ouvrage *De Revolutionibus* au pape Paul III. Mais il avait eu soin de se tenir sur le terrain exclusivement scientifique.

M. Camille Flammarion déjà nommé — car il est impossible de traiter de cette question sans le mettre plus ou moins en cause — M. Camille Flammarion ne pèche point par excès de modestie, lorsqu'il nous jette, à nous autres catholiques, ce superbe défi :

« Comment vos *vieux dogmes* s'accommoderont-ils de la science moderne dont je me suis fait l'apôtre ? La pluralité des mondes, c'est la négation de l'Incarnation et de la Rédemption. »

Du moment que M. Flammarion s'est fait l'*apôtre de la science moderne*, celle-ci est plus que suffisamment armée pour renverser les « vieux dogmes », c'est clair. Pourtant si cet « apôtre » parlait réellement en connaissance de cause, s'il était instruit à fond sur ces « vieux dogmes » dont probablement il ne connaît que la parodie, il serait le premier à se demander quel rapport, et surtout quel rapport d'incompatibilité, il peut bien y avoir entre la pluralité des mondes d'une part, et de l'autre les mystères de l'Incarnation et de la Rédemption.

Mettez, Monsieur Flammarion, tous les habitants qu'il vous plaira dans tous les astres que vous voudrez : en quoi et comment cela peut-il empêcher que le Verbe fils de Dieu se soit incarné sur la Terre pour la rédemption de l'humanité terrestre ?

Si enthousiaste partisan qu'il soit de la multiplicité des mondes habités, M. Flammarion semblerait moins fondé

que personne à voir, dans cette thèse, une opposition à nos dogmes ; car naguère, feu le savant abbé Moigno affirmait avoir eu mission de la Congrégation de l'Index romain de lui déclarer formellement à lui, Flammarion, que l'Incarnation et la Rédemption ne sont nullement un obstacle à l'existence d'autres mondes que le monde terrestre. D'ailleurs, bon nombre de voix ayant toute qualité pour se prononcer à cet égard sont aussi affirmatives que possible. C'était, il y a moins d'un demi-siècle, le R. P. Félix dans la chaire de Notre-Dame à Paris, et quarante ans auparavant, Mgr Frayssinous dans celle de l'église Saint-Sulpice, qui, tous deux, saluaient cette hypothèse comme plausible et conforme à la sagesse et à la bonté infinie du Créateur. Plus près de nous Mgr Freppel, le vaillant évêque, exprimait la même pensée dans sa réfutation des théories de Jean Reynaud, l'auteur de *Terre et Ciel*, et Mgr Bougaud traçait une brillante page en ce sens, dans son bel ouvrage sur *Le christianisme et les temps présents*. Le R. P. Monsabré, prêchant à Notre-Dame le carême de 1889, émit à ce sujet d'éloquentes déclarations sur lesquelles nous aurons occasion de revenir. Enfin, plus récemment la question a été traitée, dans les *Études religieuses* dirigées par les RR. PP. Jésuites, sinon avec le même enthousiasme, du moins toujours dans le sens de la parfaite innocuité de l'hypothèse relativement aux enseignements de l'Église.

Persister, en présence de tels témoignages, à voir là une pierre d'achoppement pour « nos vieux dogmes », c'est reconnaître implicitement qu'*on ne veut pas* être convaincu du contraire, et que, ayant bâti sur cette donnée préconçue et fausse, tout un échafaudage philosophico-cosmogonique que dérangerait, en quelqu'une de ses parties, la reconnaissance de la vérité, on préfère persister dans l'erreur plutôt que de sacrifier tout ou partie d'un système.

Nos adversaires nous opposent aussi ce qu'ils appellent

l'*erreur anthropocentrique*, consistant à considérer l'homme comme le roi de la création, le centre moral du monde tant organique qu'inorganique, erreur, disent-ils, que renverse la théorie de l'évolution transformiste.

Observons d'abord que la théorie évolutionniste — il serait plus exact de dire : *les théories*, car il y en a plusieurs qui s'accordent peu ou point entre elles — n'est, pas plus que celle de la pluralité des mondes habités, une théorie assise et fondée solidement sur les faits, mais, comme celle-ci, une simple possibilité, une pure hypothèse. Cela seul nous autoriserait à opposer à l'objection une fin de non-recevoir. Mais nous n'ignorons pas que, pour certains auteurs et par des motifs divers, le prétendu dogme scientifique de l'évolutionnisme est aussi intangible que, pour d'autres, celui de l'habitation universelle des astres. Comme d'autre part ces deux théories sont, l'une et l'autre, à nos yeux, possibles (au moins dans certaines limites), bien qu'incertaines, nous n'éprouvons nul embarras à accepter la lutte sur ce terrain.

Donc, que l'évolution cosmique ou cosmogonique, dont est sorti le globe qui nous porte, ait fait place sur celui-ci à l'évolution organique, il n'en reste pas moins que l'homme a peu à peu dominé autour de lui bêtes et plantes et même le monde inorganique ; et, par les progrès de l'art et de la mécanique, il s'assujettit celui-ci toujours de plus en plus ; par là s'affirme sa royauté de fait sur tout le monde terrestre. Il n'en reste pas moins aussi que, sans puissance d'action, il est vrai, sur l'univers sidéral, l'homme en scrute néanmoins les profondeurs, détermine les lois qui le régissent, reconnaît ses mouvements et les calcule avec une précision rigoureuse. Il exerce donc, en réalité, une royauté de fait sur la superficie terrestre en même temps qu'une sorte de royauté intellectuelle sur les astres qui, eux, ne se connaissent pas, ignorent leurs beautés, leurs mouvements et les lois qui les régissent, toutes connaissances que l'homme a su acquérir.

Qu'il y ait ou non pluralité de mondes habités, l'homme n'en est pas moins le roi de la création quant au monde de la Terre et aux horizons qu'il peut embrasser autour d'elle ; de même que sont aussi rois de la création quant aux planètes qu'ils habitent et à leurs horizons, les citoyens des autres mondes, s'il en existe.

Il est des catholiques qui prennent à leur compte, pour l'opposer à la possibilité de la pluralité des mondes, l'objection dont se sert M. Flammarion, « *apôtre* de la science moderne, pour renverser les vieux dogmes ». Il leur paraît inadmissible que, Dieu ayant choisi la Terre pour s'y unir à l'humanité, il puisse exister sur d'autres terres et sous d'autres cieux des humanités non adamiques et auxquelles l'humanité de Notre-Seigneur serait étrangère.

A cette difficulté, le R. P. Monsabré répond éloquemment :

« Pourquoi les astres ne seraient-ils pas peuplés d'êtres moins grands que les anges mais plus grands que nous ? Entre la vie intuitive des purs esprits et notre vie complexe, raisonnable, sensitive et végétative, il y a place pour d'autres vies. Nous avons eu, c'est vrai, l'honneur de l'Incarnation, mais n'est-ce pas parce que le Verbe voulant s'anéantir et soulever sur ses épaules humiliées l'univers tout entier, afin de le rapprocher de Dieu, a choisi pour terme de son union ce qu'il y avait de plus bas dans la vie intelligente et raisonnable ? N'est-ce pas parce que le divin Pasteur, voulant conduire tout son troupeau au pâturage de l'éternelle félicité, a laissé dans les espaces les quatre-vingt-dix-neuf brebis qui suivaient le droit chemin pour venir chercher ici-bas la centième qui s'était égarée (1) ? »

(1) *Conférences de Notre-Dame*. Carême de 1889. Exposition du dogme catholique, 102e conférence.

C'est la même pensée qu'exprimait dix ans plus tôt, en un langage plus didactique mais non moins significatif, le P. Secchi (1) : « Entre la faible lueur de ce rayon divin qui resplendit dans notre fragile enveloppe et grâce à laquelle nous pouvons connaître tant de merveilles, et la sagesse de l'Auteur de toutes choses, il y a une distance infinie. Il peut s'y intercaler par degrés infinis des créatures pour lesquelles les théorèmes si péniblement conquis par nous, au prix d'études ardues, pourraient être de simples intuitions. »

D'ailleurs les mérites de l'humanité du Christ étant, par son union hypostatique avec sa divinité, des mérites infinis, peuvent être appliqués, si besoin est, à d'autres êtres qu'aux descendants d'Adam. C'est ce que le P. Monsabré exprime en son énergique langage :

« Et si les êtres qui nous sont supérieurs ont besoin de s'unir à l'universelle rédemption, l'Église ne nous dit-elle pas qu'il y a, dans les mérites de la Croix une force de projection infinie, et que le flot du sang divin qui a inondé le Calvaire a jailli jusque dans la mystérieuse immensité dont nous sommes entourés ? Il a purifié la terre, les mers, les astres, l'univers entier ;

Terra, pontus, astra, mundus
Quo lavantur flumine,

dit l'hymne de la Passion.

« Pourquoi les habitants des sphères répandues dans l'espace, faits pour Dieu comme nous et contenus avec nous dans le Christ, n'auraient-ils pas été instruits, soit par les anges conducteurs des mondes, soit par le Christ ressuscité lui-même, du fait et de la vertu de la Rédemption ? Pourquoi cette vertu de la Rédemption ne les aurait-elle pas purifiés s'ils ont péché ; pourquoi ne les aiderait-elle pas à atteindre leur suprême perfection s'ils sont innocents ? »

(1) *Les Étoiles*, t. II. Paris, Alcan. 1879.

Après de tels témoignages, vouloir opposer les enseignements de l'Église à la *possibilité* de la pluralité des mondes, c'est faire le jeu de ceux qui cherchent à faire de celle-ci une arme contre ces enseignements, c'est aller à l'encontre du but même que l'on se propose.

V

LE PRÉSENT SIDÉRAL RAMENÉ A UN LOINTAIN PASSÉ

Conclusion

Au résumé, ce qui précède démontre suffisamment que l'on peut mettre, si l'on veut, des habitants dans la Lune, les planètes, voire dans le Soleil, les comètes et les étoiles, sans encourir aucune censure, aucun blâme au nom du dogme chrétien. Les incrédules qui prétendent trouver une arme contre celui-ci dans l'hypothèse qui leur est chère sont bien maladroits, car ils fourniraient plutôt par là une arme contre elle. Et les catholiques qui, dans un sentiment contraire bien qu'analogue, s'effrayent de l'hypothèse ou s'y opposent, se montrent bien timides et sembleraient mal assurés de leur croyance, s'imaginant celle-ci susceptible d'être ébranlée par le progrès des sciences.

Dans cette question, comme en tant d'autres du reste, on se heurte à deux exagérations également contraires à la saine raison : l'excès d'affirmation et l'excès de négation dans un ordre qui ne comporte ni l'une ni l'autre.

La vérité, dans les choses contingentes — et quoi de plus contingent que des existences hypothétiques fondées sur de simples analogies ? — fuit également ces limites extrêmes.

Assurément aucune considération scientifique, rationnelle ou autre ne s'oppose à ce que telle planète, tel satel-

lite ou lune connus ou inconnus, soient présentement, aient pu être jadis ou doivent être dans un avenir plus ou moins rapproché ou lointain, le siège de la vie soit à l'une soit à l'autre des étapes de l'évolution vitale. C'est une supposition parfaitement légitime que rien ne contredit d'une manière formelle, mais que rien n'autorise non plus d'une façon absolue. Ce qui est moins admissible, et d'ailleurs en un grand nombre de cas contredit par l'observation (1), c'est d'identifier toutes les étoiles à notre système solaire et d'établir ainsi, dans le monde sidéral, une uniformité et une monotonie qui n'existent nulle part dans la nature.

Si favorable que fût le Père Secchi à la multiplicité des mondes, il n'en reconnaissait pas moins le bien fondé de l'opinion qui se refuse à l'étendre sans mesure, ne trouvant rien d'étonnant à ce que, parmi tant de millions de systèmes solaires, un grand nombre fussent déserts. « Ne voyons-nous pas sur notre globe des régions relativement très étendues où la vie est impossible ? L'immensité de l'œuvre n'en correspondrait pas moins à la dignité et au but de l'architecte (2). »

Si l'on veut formuler une théorie de la pluralité des mondes habitables s'écartant aussi peu que possible des données scientifiques, il semble que le véritable thème ait été donné, comme on l'a vu plus haut, par M. Faye, le très éminent président du Bureau des longitudes, remarquant le procédé employé par la nature pour la conservation des espèces vivantes : elle produit à profusion des multitudes de germes dont la très majeure partie

(1) Systèmes stellaires doubles, triples, multiples d'astres de masses égales, ou sinon égales du moins peu différentes, circulant autour de leur commun centre de gravité suivant des orbites elliptiques à foyer très distants. Dans le système où une étoile très prépondérante force les autres à circuler dans sa sphère d'action, celles-ci sont généralement de diverses couleurs indiquant divers degrés dans leur évolution cosmique.

(2) *Les Étoiles*, t. II, p. 190.

seront stériles et dont beaucoup d'autres ne donneront la vie qu'à des êtres destinés à périr en bas âge.

Ne peut-on expliquer d'une manière analogue la profusion d'objets sidéraux reconnus ou légitimement soupçonnés dans les profondeurs spatiales : planètes, satellites, comètes, soleils, nébuleuses, nuages cosmiques ? Des destinations bien différentes peuvent être affectées aux uns et aux autres ; et il n'y a rien d'invraisemblable, rien d'illogique à supposer que celle d'entretenir la vie sur un cortège de planètes ou sur l'une d'elles, n'ait été ni la seule, ni même la principale parmi toutes les destinations que la Sagesse divine pouvait attribuer aux innombrables soleils jetés par sa prodigalité bienfaisante sur tous les points de l'espace.

Objectera-t-on que ce n'est là qu'une hypothèse ? Mais est-ce que la supposition contraire est autre chose? Et de quel droit, vous qui voulez, parce que cela plaît à votre imagination, mettre des habitants dans tous les astres, m'interdirez-vous de n'en mettre que dans un certain nombre d'entre eux, et d'attribuer au Créateur, dans les emplois de son œuvre, d'autres buts à nous inconnus?

Toutefois, si l'on réfléchit au nombre de plus en plus prodigieux de ces soleils que nous appelons *étoiles*, nombre qui augmente progressivement à mesure que les moyens d'investigation s'accroissent et se perfectionnent, il suffirait qu'une minorité même faible d'entre eux entretinssent présentement ou eussent entretenu autrefois la vie dans leur sphère d'action, pour que le nombre des astres habités ou l'ayant été, fût encore considérable.

J'ai dit « présentement ou autrefois ». C'est que, en effet, que savons-nous de l'existence *présente* de ces innombrables soleils? Il faut tenir compte de l'extrême distance qui les sépare de nous. L'étoile la plus voisine, α du Centaure (parallaxe $0'',72$), met quatre ans et demi à nous envoyer sa lumière, laquelle ne parcourt pas moins de 300 000 kilomètres par seconde. La plus proche après

elle, la 61e du Cygne (parallaxe 0",44) serait à une distance de près de sept ans et demi de trajet lumineux. Mais fort peu nombreuses sont les étoiles dont on a pu déterminer la parallaxe annuelle. Celle de Sirius, de 0",37, correspondrait à un trajet de lumière de près de neuf ans. La lumière de l'étoile polaire (parallaxe 0",07) ne nous parvient qu'en quarante-six ans et demi ; celle de Capella, de la constellation du Cocher (parallaxe 0",046), emploie soixante-dix ans et demi à nous parvenir, ce qui veut dire que nous la voyons non pas telle qu'elle est aujourd'hui, mais telle qu'elle était il y a plus de soixante-dix ans. Or, Capella ou la Chèvre est une des étoiles les plus rapprochées avec le très petit nombre de celles qui ont comme elle une parallaxe. Pour les autres, les rayons visuels d'observation dirigés vers l'étoile observée des deux extrémités d'un diamètre de l'orbite terrestre formeraient avec celui-ci deux angles égaux ou complémentaires, ce qu'on exprime en langage mathématique en disant que ces rayons visuels ne se rencontrent qu'à l'infini. D'où il résulte que la durée du trajet de leur lumière jusqu'à nous est pratiquement infinie et peut représenter des milliers et aussi bien des millions d'années. Lors donc que l'œil des astronomes les distingue à l'aide de puissants télescopes, ou lorsque la plaque photographique reçoit l'empreinte d'astres plus éloignés encore, nul ne peut affirmer que ces soleils, qui existaient lorsqu'ils ont émis la lumière qui nous en arrive, existent encore aujourd'hui. C'est donc une histoire plus ou moins reculée dans les profondeurs du passé que cette lumière nous apporte.

Quand nous voyons certaines étoiles successivement diminuer puis augmenter d'éclat, diminuer de nouveau, reprendre ensuite un peu plus de lumière, osciller ainsi pendant un certain temps et finalement disparaître, à combien de milliers ou de millions d'années en arrière se rapportent ces événements cosmiques ? Qui peut nous dire, parmi toutes les étoiles dont la lumière met des siècles ou

des myriades de siècles à nous parvenir (et c'est le plus grand nombre), combien brillent encore et ne se sont pas éteintes depuis le commencement du voyage?

L'astronomie sidérale ne nous révèle donc que des faits échelonnés dans les stades d'un passé incommensurable et qui, se réduisant pour les étoiles les plus proches et d'ailleurs fort peu nombreuses, à quelques années de course lumineuse, approche bientôt du siècle, pour se perdre ensuite dans des laps de temps incalculables. L'esprit se trouble et l'imagination se déconcerte à l'aspect de ces immensités. Quelles fins le souverain Auteur de toutes choses a-t-il, dans sa sagesse, attribuées à toutes ces magnificences de l'espace et de la durée? Nul ne saurait le dire; il n'appartient pas à la faiblesse de nos visées si courtes de fixer une limite aux vues de la Toute-Puissance éternelle et de la Sagesse infinie.

Que si la destination de ces innombrables centres de chaleur, de lumière et de gravitation a pu être, dans la pensée du Créateur, d'entretenir la vie sur un cortège de planètes autour de chacun d'eux, cette destination échappe à nos prises aussi bien par l'amplitude des durées que par l'immensité des espaces.

Certes, les conjectures, les hypothèses, les suppositions sont permises. Mais vouloir, appuyé sur quelques analogies lointaines et en tout cas fort incomplètes, imposer ces hypothèses, ces conjectures, comme des vérités de fait démontrées et acquises, cela n'est ni scientifique, ni raisonnable, ni partant philosophique.

En fait de philosophie, le spirituel académicien Le Bovier de Fontenelle en montrait davantage, et de tolérance aussi, lorsqu'il déclarait, dans la langue de son temps, que, croyant à la pluralité des mondes, il ne laissait pas de vivre civilement avec ceux qui n'y croyaient point.

11 Septembre. 1901. C. DE KIRWAN.

LES

SANATORIA POUR TUBERCULEUX

Plus que jamais la question du traitement de la tuberculose pulmonaire est à l'ordre du jour. Il semble que, plus on se rapproche de l'idéal rêvé, plus on met d'ardeur à hâter les progrès de la médecine dans cette voie.

Faut-il rappeler cette multiplication, lente d'abord, rapide actuellement, des établissements destinés à la cure de la phtisie ? Ne voyons-nous pas les associations, consacrées à l'étude de ce problème, éclore de toutes parts ? N'assistons-nous pas chaque année à la réunion de congrès locaux, nationaux ou internationaux, où l'on discute tous les points se rattachant plus ou moins directement à la lutte contre ce fléau du genre humain ? Enfin les chefs d'État et les autorités publiques ne se coalisent-ils pas pour favoriser par leur appui moral ou financier la croisade nouvelle qui s'est ouverte depuis un temps relativement court et qui a déjà recruté un nombre considérable d'adhérents ?

Il s'en faut cependant que tous ces efforts, si vaillants et si généreux, soient dirigés dans le même sens. Chaque jour nous entendons des polémiques plus ou moins vives, qui surgissent et se perpétuent au sujet des moyens à employer pour arrêter les ravages du mal, dont on est unanime à reconnaître la gravité. S'ils deviennent rares ceux qui s'attardent encore à préconiser l'administration routinière de quelques prétendues panacées de la tuber-

culose, il en est beaucoup d'autres qui se méfient quelque peu des innovations modernes et qui demeurent hésitants devant les affirmations assez contradictoires des défenseurs des divers systèmes de thérapeutique.

Que faut-il faire des poitrinaires ? Faut-il les laisser chez eux ou faut-il les faire sortir de leur milieu habituel ? Convient-il de les enfermer dans un établissement spécial ou vaut-il mieux leur accorder pleine liberté de vie dans des localités convenant à leur état ? Séjourneront-ils dans la montagne, dans la plaine ou au bord de la mer ? En hiver, est-il utile de les soustraire à l'action des températures rigoureuses de nos climats en les envoyant dans le Midi ou est-il préférable de les exposer au froid, afin de les endurcir, tout en les prémunissant contre les dangers possibles de conditions météorologiques défavorables ?

Voilà toute une série de questions qui se posent au médecin et qu'il est souvent malaisé de résoudre. Il serait bien intéressant, mais un peu long, de les approfondir toutes. Nous voulons nous borner aujourd'hui à examiner la plus palpitante d'actualité — car c'est la plus discutée — nous voulons parler de l'utilité, voire de la nécessité des sanatoria dans le traitement de la phtisie.

Notre travail nous a été dicté par la lecture d'un article qui a été publié ici même, il y a quelques mois, par le Dr Surbled et dans lequel ce confrère se fait l'écho d'un de ses compatriotes, le Dr Pujade, d'Amélie-les-Bains (1). Nous voudrions corriger la fâcheuse impression que ces pages auront peut-être produite sur plus d'un des lecteurs de la Revue. Tout en partageant en quelques points les opinions des auteurs, il en est d'autres que nous croyons devoir rectifier parce qu'elles ne nous paraissent pas être l'expression adéquate et impartiale de la vérité.

(1) *Comment on guérit la tuberculose*, par le Dr Surbled (Revue des Questions scientifiques, avril 1901).

La cure pratique de la tuberculose, par le Dr Pujade. Paris, Carré et Naud, 1901.

Nous ne nous arrêterons pas longtemps à discuter la mesquine question de priorité, qui s'élève presque inévitablement à propos de chaque découverte. La méthode de traitement de la tuberculose, à laquelle on a donné le nom quelque peu barbare d'*hygiénico-diététique*, est-elle d'origine allemande, française ou anglaise ? Cela importe peu, nous semble-t-il. Quelle que soit sa nationalité, pourvu qu'elle soit bonne, c'est tout ce que nous devons demander.

N'est-il d'ailleurs pas probable que tout le monde a raison? L'idée, qui a été le point de départ de ce traitement, ne germait-elle pas depuis quelque temps dans la science médicale ? N'a-t-elle pas éclos en même temps dans différents cerveaux et dans différents pays ? N'est-ce pas l'histoire de la plupart des progrès notables réalisés dans n'importe quelle branche de l'activité humaine ? Ces progrès sont habituellement la résultante d'un ensemble de travaux et d'efforts scientifiques, qni convergent vers un même but, parfois à l'insu de leurs auteurs. Quoi d'étonnant si plusieurs esprits, poursuivant les mêmes études et parcourant les mêmes domaines, aboutissent et se rencontrent un jour au même point, sans qu'ils puissent s'accuser mutuellement de plagiat !

Il ne nous en coûte pas de reconnaître que plusieurs des facteurs qui constituent le traitement au sanatorium, étaient depuis longtemps déjà préconisés de divers côtés. La nécessité de l'air pur pour les poitrinaires se retrouve, tout au moins en germe, dans les livres les plus anciens de la médecine. Depuis toujours également on a reconnu que la tuberculose ne pouvait se guérir que si l'on parvenait à relever l'état général, ce qui implique l'indication d'alimenter le malade le mieux possible. L'efficacité du repos du corps et de l'esprit est peut-être l'idée la plus neuve dans la méthode thérapeutique dont nous parlons.

C'est une anglaise, Miss Florence Nightingale, qui a la première, combiné ces trois pratiques — cure d'air, sur-

alimentation, cure de repos — en conseillant au Dr Bennet, de Menton, atteint de tuberculose, de s'étendre de longues heures au grand air et de suivre un régime plantureux. On peut donc dire que c'est à elle que revient l'initiative de ce traitement, dont l'application a pris de nos jours un si rapide essor.

Mais, à moins de nier la lumière du soleil, il n'est pas possible de refuser à un médecin allemand, le Dr Hermann Brehmer, de Gœrbersdorf, le mérite d'avoir le premier, en 1859, conçu l'idée d'ériger un établissement consacré à la réalisation de ces divers éléments thérapeutiques. C'est à lui que nous devons cette efflorescence, quasi universelle, des sanatoria pour le traitement de la phtisie. Avant l'entreprise hardie du médecin silésien, il aurait semblé téméraire, nous allions dire insensé, de réunir sous un même toit un plus ou moins grand nombre de poitrinaires dans l'espoir de les guérir ou, tout au moins, les améliorer d'une façon durable.

Il est vrai que certaines des idées théoriques, sur lesquelles Brehmer avait édifié la méthode à laquelle il a attaché son nom, étaient erronées. A cet égard, la médecine doit un tribut spécial de reconnaissance au Dr Dettweiler, de Falkenstein, qui a assis la phtisiothérapie sur des bases absolument scientifiques et rationnelles. Aussi est-ce avec justice qu'on a joint son nom à celui de son compatriote et qu'on a appelé le nouveau traitement « méthode Brehmer-Dettweiler ».

Cette question de priorité vidée, nous voulons aborder les principales critiques dirigées contre le sanatorium.

Ce n'est pas sans étonnement que nous avons lu dans le travail du Dr Surbled que « l'application de la méthode (en Allemagne) a été brutale et insuffisante. On a cru que tous les tuberculeux se ressemblaient, qu'un air quelconque leur convenait ; on a bâti des sanatoria un peu partout, à des hauteurs démesurées, dans des climats

détestables. Tel sanatorium d'Allemagne voit le soleil trois jours par mois ; on y guérit encore, non pas par le bon air, mais malgré le mauvais air. »

Le grief d'avoir bâti des sanatoria un peu partout, à des hauteurs démesurées, dans des climats détestables, paraîtra peut-être fondé au lecteur superficiel. Mais, quoi qu'en puisse penser l'auteur, nous ne pouvons pas considérer *à priori* cette pratique comme une faute. Il ne nous déplaît pas d'envoyer des tuberculeux dans des climats peu favorables en apparence, s'il nous est démontré qu'ils peuvent s'y guérir.

C'est que le poitrinaire guéri n'est généralement pas appelé à passer le reste de ses jours dans les climats où il a trouvé sa guérison. La plupart du temps il est forcé, une fois le but atteint, de rentrer dans son pays natal, où les conditions climatériques sont plus ou moins bonnes. Or ce changement, qui est presque toujours assez brusque, n'est pas sans inconvénients.

Que de fois n'avons-nous pas constaté des rechutes chez nos malades qui, après avoir éprouvé une amélioration considérable dans le climat ensoleillé et merveilleux de la Provence, ont subi l'influence délétère du climat de nos pays du Nord! De même, la descente des hautes altitudes de l'Engadine ou d'autres localités alpestres dans nos plaines dépassant à peine le niveau de la mer n'occasionne-t-elle pas souvent le réveil de lésions qui paraissaient cicatrisées ou à peu près?

Nous estimons que c'est un notable progrès de la phtisiothérapie d'avoir reconnu que la tuberculose pouvait se guérir partout et qu'il valait mieux que le malade s'écartât le moins possible des conditions atmosphériques qui doivent l'entourer plus tard. L'idéal serait, à notre avis, le traitement dans le pays même où le poitrinaire réside habituellement. Guéris-toi où tu vivras! Telle devrait être la prescription à formuler à tout malade, sauf

bien entendu à modifier cette formule générale suivant les indications individuelles de chaque cas qui se présente.

Après cette critique de ce qui se passerait en Allemagne, le Dr Surbled fait le procès du sanatorium en général.

« La vie, dans ces établissements, est, dit-il, réglée comme un cadran, plus qu'à l'hôpital, plus qu'à la prison même. » Tout en reconnaissant que cette discipline étroite a quelques avantages, il prétend qu'elle offre également d'autres inconvénients graves et nombreux. « Le premier est d'imposer à tous les tuberculeux la cure sans conditions.

» La cure d'air, ajoute-t-il, est mauvaise si l'air est mauvais, s'il est trop froid, trop chaud, trop agité ou trop humide.... L'uniformité des règlements est contraire à l'intérêt du malade dont l'état réclame souvent une médication spéciale, à part. Comment le personnel médical, toujours très réduit, arriverait-il à répondre à cette exigence? Il ne peut s'occuper attentivement de chaque malade et, comme le dit très bien le Dr Pujade, il doit se réfugier dans les banalités de la cure générale. »

Nous nous demandons comment nos confrères ont pu articuler cette critique. Nous avons lu à peu près tous les écrits qui ont été publiés en Allemagne sur le sujet qui nous occupe. Or, ce qui nous a frappé avant tout, c'est ce précepte, unanimement adopté, que le traitement du tuberculeux doit être absolument individualisé. Tous les auteurs sont d'accord pour proclamer que, s'il existe des règles générales constituant le fondement de la thérapeutique de la phtisie, en pratique il importe de faire varier les applications pratiques de ces règles d'après chaque cas individuel.

Il faut n'avoir jamais visité de sanatorium pour oser soutenir que le traitement y est ordonné et suivi d'une façon banale et sans aucun discernement. Notre expérience personnelle nous permet d'affirmer qu'il n'en est nullement

ainsi. Les circonstances nous ont conduit à nous rendre compte *de visu* de ce qui se passe dans plusieurs de ces établissements. Nous avons eu notamment l'occasion de séjourner dans les sanatoria les plus vastes de l'Europe, tels que ceux de Falkenstein, de Hohenhonnef, du Leysin, de Davos, etc...

Eh bien ! nous avons toujours observé que l'individualisation des prescriptions thérapeutiques et hygiéniques y était réalisée dans toute la force du terme. Disons d'abord que partout nous avons constaté la présence, à la tête de ces maisons hospitalières, d'un médecin-directeur et d'un ou deux médecins assistants. Ce chiffre nous paraît largement suffisant pour le nombre des pensionnaires qui y séjournaient et qui dépassaient souvent la centaine.

Voici la pratique habituelle adoptée partout. Chaque malade est, à son entrée, soumis à une visite très complète, au cours de laquelle l'historique tout entier de l'affection est relevé jusque dans ses moindres détails et l'exploration de l'organisme pratiquée avec une minutie parfaite. Tous les huit ou dix jours, le tuberculeux est tenu de se représenter à la visite du médecin, afin de noter les modifications, bonnes ou mauvaises, qui auraient pu se produire pendant cette période de temps.

D'autre part, les médecins parcourent au moins une fois, souvent deux fois, les endroits de cure à l'effet de vérifier si la cure est fidèlement suivie et de rechercher les modifications que les circonstances pourraient indiquer. En outre, des visites supplémentaires et inattendues se font dans le but de surprendre les malades dans les divers actes de la vie ordinaire, tels que le matin au saut du lit, pendant les repas, à la promenade ; très souvent le médecin parviendra ainsi à découvrir des imprudences qui sont commises presque à l'insu des malades ; il pourra d'autres fois donner des conseils et des leçons qui détruiront certains préjugés, rectifieront certaines erreurs dans lesquelles on verse tout à fait inconsciemment.

Bref, le médecin du sanatorium qui a conscience de l'importance de sa mission, se mêle continuellement à la vie de ses pensionnaires. Il se fait tout à tous ; il interroge chacun d'eux, écoute leurs doléances et leurs espérances. Il peut aussi entreprendre l'éducation hygiénique des tuberculeux ; nous reviendrons plus loin sur cet enseignement pédagogique, qui constitue un des avantages les plus réels et les plus précieux de la vie au sanatorium.

Loin donc de s'en tenir aux banalités d'une thérapeutique générale, le médecin peut étudier le caractère de chacun de ces sujets ; il finit par les connaître à fond. Mieux que tout autre, mieux que le praticien, qui se borne habituellement à une visite faite à plusieurs jours d'intervalle et durant une demi-heure au maximum, le médecin du sanatorium est à même d'individualiser son traitement d'après les nécessités de chaque cas qu'il a sous la main.

Une seconde objection est formulée par le Dr Surbled en ces termes : « Ces casernes, mitigées d'hôpital, où l'on reçoit des tuberculeux avancés, ont aussi une action déprimante sur le moral des plus endurcis ; elles se remplissent vite, mais se dépeuplent de même... Chacun se frappe, se décourage, répétant la vieille formule : *Hodie tibi, cras mihi*. C'est en vain qu'on essaie de consoler les survivants : il serait préférable de guérir tout le monde. A chaque « départ » on fait comprendre à ceux qui restent que le voisin ne serait pas parti s'il s'était mieux soigné. L'argument est faible. L'expérience des autres n'a jamais guéri personne de ses propres défauts, pas plus que le théâtre n'a moralisé les hommes. »

L'auteur touche là à un des côtés les plus délicats de la question des sanatoria. Son objection est sérieuse et mérite d'être examinée sans parti-pris.

Il est incontestable que la vue et la réunion d'un certain nombre de phtisiques peuvent exercer une influence fâcheuse sur les dispositions morales et partant sur l'état

physique d'un malade. Nous avouons franchement qu'à notre première visite à un de ces établissements — c'était à Falkenstein — nous n'avons pu nous défendre d'un serrement de cœur en apercevant cette longue file de poitrinaires, étendus sur leur chaise-longue et côte à côte pour faire la cure d'air. Mais cette impression fut très fugitive; elle se dissipa bien vite lorsqu'une heure plus tard, au moment du repas en commun, nous fûmes témoin de l'animation, de la cordialité et même de la franche gaieté qui régnaient dans ce milieu.

C'est une tâche qui doit être souvent ardue, mais qui n'est pas sans grandeur, de maintenir un niveau moral satisfaisant dans cette collectivité d'êtres humains, presque tous gravement atteints et menacés dans leur existence. Il n'est pas donné à tout le monde de savoir faire face aux exigences d'une telle situation. Les qualités morales et personnelles du médecin-directeur ont une importance capitale, et nous estimons que le praticien doit s'en enquérir avant de faire choix du sanatorium où il voudrait envoyer un de ses malades. Il faut également que le tuberculeux soit assuré de rencontrer, dans son nouveau séjour, un entourage qui ne lui soit pas trop étranger et qui n'éveille chez lui aucune antipathie personnelle ou nationale.

Quoi qu'il en soit, nous sommes les premiers à dire que là est le principal, pour ne pas dire le seul inconvénient des sanatoria. Aussi convient-il d'étudier le caractère des tuberculeux avant de leur ordonner le départ pour un de ces établissements. Il est des malades qui ne sauraient se faire à cette réclusion permanente, dans un milieu qui est de nature à leur causer une impression morale délétère et à déprimer le courage dont ils ont besoin pour mener à bien la longue et patiente œuvre de leur guérison. Il est impossible de poser des règles précises et générales ; c'est affaire de tact du praticien, qui se guidera d'après ce qui lui sera suggéré par sa science, par son expérience et par son cœur.

Au demeurant, il faut bien le dire, le séjour d'un tuberculeux dans sa famille, au milieu de gens bien portants, a également son côté fâcheux. N'est-ce pas, pour lui, une cause fréquente de chagrin, de souci et de découragement de se sentir, seul de tout son entourage, sevré d'une foule de jouissances, dont les autres s'abreuvent sans mesure ? N'est-ce pas avec une émotion, mêlée d'envie, qu'il voit tout le monde se distraire, se répandre au dehors, voyager, prendre part à des réunions de famille ou d'amis, alors qu'il est obligé de rester dans une solitude relative, loin des bruits et des joies du monde, en face avec le mal inexorable contre lequel il lutte péniblement?

Il nous semble que notre confrère fait trop noir le tableau qu'il trace de ces maisons « qui se remplissent vite, mais qui se dépeuplent de même ». Un médecin intelligent saura toujours éviter à ses pensionnaires le spectacle de nombreux décès, qui leur rappelleraient trop les dangers de leur affection. Il saura, en y mettant tout le tact voulu, éloigner de ce milieu les cas trop graves, désespérés, qui n'ont aucun profit à tirer d'un séjour au sanatorium et dont la présence serait une source de démoralisation pour les malades moins avancés.

Nous ne saurions partager l'opinion du Dr Surbled, qui prétend que « l'exemple des autres n'a jamais guéri personne de ses propres défauts ». Nous estimons, au contraire, que l'éducation hygiénique du tuberculeux sera beaucoup plus facile à réaliser, grâce à l'enseignement donné par les effets de la conduite des autres. Les conseils du médecin sont utiles; ils sont indispensables. Mais combien plus efficace est la leçon de choses, résultant de l'observation quotidienne d'imprudences ou de négligences, dont on a pu voir les conséquences fâcheuses! Quoi de plus puissant que l'exemple? Qui donc a dit que l'on redresse les autres rien qu'en marchant droit?

Ainsi que le fait remarquer le Dr Brunon avec beaucoup

de justesse : « Au sanatorium, on fait sa cure comme on ferait une retraite dans un monastère. Sous la surveillance constante du médecin, on apprend peu à peu à être tenace dans la lutte contre la maladie. Par ce contact quotidien, les malades se suggestionnent les uns les autres. On oublie vite les insuccès; l'homme est ainsi fait. » Le Dr Petit insistait aussi avec raison sur les bons effets de « l'émulation qui existe en quelque sorte entre les pensionnaires d'un établissement ; l'amélioration constatée chez les anciens, les éloges qu'ils prodiguent au régime, ont une influence salutaire sur les arrivants; c'est une suggestion perpétuelle ».

Une autre critique grave, que les Drs Surbled et Pujade formulent contre le sanatorium, a trait « à la dangereuse promiscuité des sexes, dont l'aboutissant le moins macabre est le mariage au sanatorium.

« Dans tous les hôpitaux du monde civilisé — car enfin le sanatorium n'est qu'un hôpital — il y a le pavillon des hommes et le pavillon des femmes ; dans bien des circonstances, ce sont des hommes seuls ou des femmes seules, des jeunes gens seuls ou des jeunes filles seules qu'on dirige sur les sanatoria, parce que la situation de la famille ne permet pas l'exode général d'une maison entière vers une station climatérique ou dans un sanatorium ; cette situation particulière commande des précautions spéciales dont la formule très simple est la séparation des sexes, en tout temps et surtout pendant les promiscuités très réalistes de la cure. »

Dieu nous garde de contredire absolument nos confrères, lorsqu'ils attirent l'attention sur un des dangers du séjour sous un même toit de personnes, qui sont habituellement à l'âge des passions et qui, par la communauté de leurs souffrances, sont naturellement portées à un rapprochement bien compréhensible. Cette situation est critique ; elle l'est d'autant plus que souvent le retour

graduel des forces dans un organisme affaibli peut avoir un retentissement pernicieux sur les sentiments les plus intimes et réveiller l'aiguillon de la chair, qui avait été assoupi par une longue période d'épuisement physique.

Que ces dangers imposent des mesures spéciales de prudence, nul ne le contestera. C'est au médecin-directeur qu'incombe la mission de veiller attentivement à prévenir tous les périls inhérents à cette vie en commun. Cette tâche ne doit pas être au-dessus de ses forces.

Sera-t-il donc si difficile d'éviter le voisinage trop immédiat dans la galerie de cure de ces jeunes gens et de ces jeunes filles, qui ont dû être laissés seuls au sanatorium ? Ne sera-t-il donc pas presque toujours possible de faire exercer une certaine surveillance sur chaque pavillon par des pensionnaires d'un âge mûr, qui, par leur seule présence, imposeront aux malades la réserve, dont ils pourraient être tentés de se départir ? Les visites imprévues du médecin ne constituent-elles pas également une garantie contre des entraînements regrettables, auxquels il n'est pas toujours facile de se soustraire ?

Aucune de ces mesures n'est irréalisable. Nous n'hésitons pas à affirmer qu'en fait la vie au sanatorium a rarement donné lieu aux abus que l'on pourrait craindre. Nous avons maintes et maintes fois interrogé à ce sujet, soit d'anciens pensionnaires, soit des membres du personnel de divers sanatoria. A part quelques cas de flirtage, peut-être périlleux, mais à coup sûr innocent, nous pensons que ces établissements n'ont que très exceptionnellement été le théâtre d'incidents graves, qui devraient entraîner la condamnation en bloc de toute cette méthode thérapeutique.

Le régime alimentaire, tel qu'il est ordonné dans les sanatoria, est incriminé dans le travail de nos confrères. On reproche à ces établissements « le régime alimentaire uniforme, le menu invariable qui ne saurait se prêter aux

estomacs capricieux et divers et entraîne vite l'inappétence et l'anorexie ».

Encore une fois nous nous demandons si ces auteurs ont jamais visité un sanatorium et s'ils ont jamais pris part aux repas des pensionnaires. A coup sûr ils n'ont pas lu l'ouvrage si remarquable du Dr Dettweiler (1), qui insiste d'une façon toute particulière sur la nécessité de varier le plus possible l'alimentation des tuberculeux, afin d'éviter la satiété et l'anorexie. Il attache une immense importance à la préparation suffisamment sapide des aliments et il va jusqu'à demander que chaque menu cause aux malades une petite surprise, qui éveille leur appétit et stimule les fonctions digestives.

Le poitrinaire sera-t-il, sous ce rapport, mieux partagé dans sa famille? Nous en doutons. C'est là, beaucoup plus qu'au sanatorium, qu'il sera exposé à la monotonie de l'alimentation. Le menu de chaque repas y est beaucoup moins complexe; le malade n'aura guère de choix et, s'il parvient à s'alimenter convenablement, rarement lui sera-t-il possible de se suralimenter. Enfin, dans la vie de famille on oublie trop souvent les prescriptions médicales relatives au régime du poitrinaire ou bien est-on obligé de les méconnaître pour satisfaire le goût de tous les convives.

La suralimentation, qui constitue un élément important du traitement au sanatorium, est battue en brèche par nos confrères. « On devient fatalement anorexique quand on a mal mangé, mais encore et surtout lorsqu'on a trop mangé. Sans doute les premiers résultats sont très séduisants, et c'est merveille de voir engraisser le tuberculeux suralimente. Les kilogrammes s'ajoutent aux kilogrammes.... puis c'est l'arrêt, puis c'est la chute, puis c'est la debâcle. Quand un vase est trop plein, il faut qu'il déborde. Quand

(1) *Die Behandlung der Lungenschwindsucht in geschlossenen Heilanstalten*, von Dr Dettweiler. — Berlin, Georg. Reimer, 1884.

un canon est trop chargé, il faut qu'il éclate. Le tuberculeux ne déborde, ni n'éclate ; il fuse par en haut ou par en bas, par le vomissement ou par la diarrhée. »

Il y a un fond de vérité dans cette critique. Nous sommes également d'avis que la suralimentation a ses dangers. Il est certain que l'important n'est pas de beaucoup manger, mais de beaucoup digérer et surtout de beaucoup s'assimiler. Les Allemands sont peut-être plus disposés que d'autres à pécher sous ce rapport. Notre expérience personnelle nous porte à croire que l'estomac de nos compatriotes n'est pas aussi complaisant que celui de nos voisins. Nous avons le souvenir de plusieurs de nos malades qui, après s'être bien trouvés de cet excès d'alimentation, ont fini par s'en fatiguer et par aboutir à de l'anorexie ou même à un catarrhe gastro-intestinal.

Il est donc nécessaire de modifier les prescriptions alimentaires d'après les capacités digestives de chaque tuberculeux. Rien n'est plus facile. Un médecin attentif saura bien vite discerner ce qu'il faut ordonner ou permettre à son patient. La balance et l'examen des organes digestifs permettront de reconnaître les cas où il convient de restreindre l'alimentation, afin de ne pas fatiguer l'estomac qui, selon l'expression très juste du Dr Daremberg, constitue « la place forte du phtisique ».

Une pratique, généralement recommandée dans la plupart des sanatoria, consiste dans l'exercice des mouvements respiratoires. « La respiration étant une fonction d'ordre involontaire, le Dr Pujade ne croit pas qu'il y ait un *art de respirer*, ni qu'on doive recourir à de savantes techniques respiratoires. Il s'insurge avec raison, ajoute le Dr Surbled, contre les procédés de respiration aussi vains que dangereux, et qui vont directement contre le dogme du repos et de l'immobilisation quand même. »

Nous ne saurions reconnaître le bien-fondé de ces considérations. Si l'homme vivait à l'état de nature, comme

le font encore certaines peuplades sauvages, nous pourrions admettre cette idée qu'il n'y a pas d'art de respirer. Mais, depuis la formation sociale, l'être civilisé, parqué dans l'existence insalubre et sédentaire des grandes villes, a été domestiqué, contre toute hygiène, par des habitudes nouvelles, des lois, des plaisirs en commun hostiles au bel équilibre vital. L'homme, mis hors nature, s'est oublié peu à peu, perdant la sensation de ses besoins, le sentiment impérieux qui le poussait naguère à vivre pour son corps et diriger tous ses actes pour la marche régulière de la bête. Livré tout entier à ses intérêts moraux, à ses ambitions, à ses vanités, à ses plaisirs, à ses rêves ou à ses folies, le type de l'individu, socialement dressé, semble s'être écarté de son centre organique.

La fonction respiratoire n'a, pas plus que les autres grandes fonctions animales, échappé à cette tyrannie des nécessités et des abus de la civilisation moderne. Oui, nous n'hésitons pas à le dire, la plupart des hommes respirent mal, incomplètement. Il est d'observation courante que les parties supérieures des poumons ne fonctionnent pour ainsi dire pas. N'est-ce pas à ce fait qu'on attribue la localisation habituelle de la tuberculose aux sommets des organes respiratoires? Il est donc indiqué de rendre aux poumons leur activité normale, de les obliger à se déplisser dans toute leur étendue. Quel autre moyen pourrait-on employer dans ce but que les exercices respiratoires? Cela est surtout vrai pour la tuberculose au début.

Plus tard, quand les lésions pathologiques sont plus avancées, quand, à côté des altérations spécifiques, il existe d'autres processus morbides, tels que des suppurations, dues à l'intervention de microbes pyogènes (staphylocoques, streptocoques), il peut être dangereux de se livrer à des mouvements respiratoires exagérés. Par des inspirations trop profondes, le malade serait exposé à faire pénétrer les virus pathogènes dans des parties de poumon jusqu'ici restées saines. Aussi, à moins d'être

d'une négligence ou d'une ignorance impardonnables, le médecin se gardera bien de recommander cette gymnastique respiratoire dans les cas de ce genre. Il faut encore une fois rappeler que la médecine s'adresse, non à des maladies, mais à des malades, en d'autres termes que l'individualisation des ordonnances thérapeutiques s'impose ici, comme dans tout autre traitement médical.

Le Dr Pujade — et son opinion est acceptée par le Dr Surbled — reproche aux sanatoria « de substituer trop souvent la cure de repos à la cure d'immobilisation. Trop de panier (chaise-longue) et pas assez de lit. Trop de panier pour les tuberculeux apyrétiques, pas assez de lit pour les subfébriles et surtout pour les fébriles. Cette pratique dérive, il faut l'avouer, de l'organisation même du sanatorium, de la doctrine qui dirige les médecins et surtout de l'horreur instinctive que tout malade éprouve pour l'isolement et le lit. »

Le reproche, tel qu'il vient d'être formulé, est d'une injustice flagrante. Dans tous les sanatoria que nous connaissons, il est de règle constante que le séjour au lit s'impose dès que la température du tuberculeux devient fébrile. Nous ne sachions pas que nulle part on ne permette le mouvement, ni même la chaise-longue lorsqu'il y a fièvre manifeste. Les seules divergences qui existent résident dans l'appréciation du moment où il faut prononcer le mot de fièvre. Tel médecin admet l'état pyrétique et la nécessité de l'alitement lorsque la température atteint 37°,5 ; tel autre recule jusque 38° la limite extrême de l'apyrexie.

A notre avis, il ne peut y avoir de règles générales. Il est des malades qui supportent sans aucun inconvénient des températures de 37°,5, voire même de 38°, alors que d'autres ressentent les mauvais effets d'une élévation thermique de 2 ou 3 dixièmes de degré. Les premiers ne devront pas être trop vite condamnés à l'isolement et au lit ;

les seconds seront passibles de cette condamnation dès que le thermomètre monte au delà de la température normale.

Il faut même tenir un certain compte des conditions morales du tuberculeux. Nous avons observé plus d'un patient, chez qui l'alitement déterminait une dépression morale telle, que nous devions renoncer à cette prescription, si indiquée qu'elle parût par l'élévation de la température. Il nous est arrivé plus d'une fois de laisser des tuberculeux circuler dans leur habitation, voire même se livrer à un certain travail, bien que le thermomètre marquât 37°,5. Il suffisait de leur administrer de légers antipyrétiques, à faible dose, pour obtenir aisément une chute thermique, à laquelle nous ne serions arrivés par le repos au lit qu'au prix de découragement absolument fâcheux et pernicieux.

Trop de chaise-longue pour les apyrétiques, nous dit-on. Nos confrères en parlent à leur aise; il s'agit ici d'un des points les plus délicats du traitement des poitrinaires. Quand faut-il prescrire le repos corporel ? Quand faut-il permettre ou ordonner le mouvement ? Que d'hésitations et que de divergences de vue entre les médecins sur cette question !

Il est facile de discourir en théoricien sur ce problème. Mais en pratique, il faut s'attendre à de grandes difficultés et il serait injuste de condamner tel praticien qui attache une grande importance au repos et d'absoudre tel autre qui est plus favorable à l'exercice corporel. N'est-ce pas encore une fois le cas de rappeler que nous devons observer avec une scrupuleuse attention chaque tuberculeux que nous avons en traitement ? Nous réglerons nos prescriptions d'après les effets que nous constatons de l'une ou l'autre des pratiques, entre lesquelles nous devons choisir.

Mais, nous nous le demandons, de quel droit nos confrères incriminent-ils la conduite des médecins des sanatoria en leur reprochant l'exagération de l'immobilisation

de leurs pensionnaires ? Nous cherchons vainement dans nos souvenirs les établissements où l'on ordonnerait le repos sur la chaise-longue avec routine et sans distinction.

Aussi avons-nous été stupéfait de voir le Dr Surbled s'associer au vœu — non pas original, comme il le dit, mais intempestif — formulé par le Dr Pujade, « de brûler dans un immense autodafé, devant lequel danseront tous les tuberculeux du monde, tous les paniers de tous les sanatoria du monde ». Nous pensons que cette boutade — qui est évidemment d'une exagération voulue — peint bien l'état d'âme de ces deux auteurs. A elle seule, elle infirme singulièrement la valeur des critiques dirigées contre les sanatoria et nous nous abstiendrons d'y répondre autrement que par un haussement d'épaules.

Nous voulons encore aborder ici une question, qui ne rentre pourtant pas absolument dans le cadre étroit que nous nous sommes tracé. Il s'agit de la cure d'altitude, que nos confrères traitent assez légèrement. Elle serait, disent-ils, « deux fois dangereuse : elle l'est par la rigueur excessive du froid, elle l'est par la diminution de la pression atmosphérique. Congestions pulmonaires, hémorragies répétées, fièvres tenaces et meurtrières, voilà ce que les tuberculeux vont chercher et récolter dans les hautes montagnes. »

Nous n'avons pas l'intention d'étudier à fond cette question de l'efficacité des altitudes dans le traitement de la tuberculose. *Non est hic locus*. Cela nous entraînerait, du reste, trop loin. Nous renvoyons ceux de nos lecteurs, que la chose intéresse, à deux travaux que nous avons publiés auparavant et où nous avons traité ce sujet *ex professo* (1).

(1) *Climatothérapie. L'Engadine et les hautes altitudes*, par le Dr Moeller. Extr. de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1888.

Davos. Étude climatologique et thérapeutique, par le Dr Moeller. Librairie Hugo Richter, Davos. Extr. de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1894.

Mais nous ne saurions nous empêcher de relever l'erreur manifeste, dans laquelle les Drs Surbled et Pujade versent à propos des dangers inhérents au séjour dans la montagne. Congestions pulmonaires, hémorragies répétées, fièvres tenaces et meurtrières, tels sont les accidents auxquels seraient exposés les tuberculeux que l'on envoie dans les altitudes.

Rien n'est plus faux. L'expérience est là, qui démontre que c'est précisément de ces complications que les poitrinaires sont le moins souvent atteints, lorsqu'ils séjournent sur des hauteurs variant entre 1400 et 1600 mètres. Il suffit de lire certaines publications très consciencieuses dues à divers médecins pratiquant dans ces régions, qui sont le rendez-vous des tuberculeux du monde entier, pour se convaincre de l'exactitude de ce que nous avançons. Nous citerons notamment plusieurs écrits très intéressants des praticiens de Davos, tels que les Drs Spengler, Turban, Volland, etc. Nous avons eu, nous-même, plusieurs fois l'occasion d'observer et de suivre des sujets, à qui nous avions ordonné les hautes altitudes et chez lesquels nous avons constaté la rareté des accidents dont nous venons de parler.

Oui ! — cela pourra paraître paradoxal et pourtant c'est ainsi — nous avons connu des tuberculeux, qui étaient de vrais hémoptoïques dans la plaine et qui furent complètement débarrassés de ces hémorragies pulmonaires dès qu'ils furent arrivés à Davos, à Arosa, au Leysin ou ailleurs. Que de fois n'avons-nous pas vu des fièvres persistantes, rebelles aux médications les plus actives et à l'hygiène la plus scrupuleuse, disparaître chez certains malades, à qui nous n'avions pas hésité à prescrire l'hivernation dans la montagne !

Nous n'irons cependant pas jusqu'à prétendre que les hautes altitudes sont exemptes de tout danger et qu'elles conviennent à tous les poitrinaires. Nous sommes les premiers à reconnaître qu'il faut faire un choix judicieux

entre les cas passibles de ce séjour et ceux qui n'en retireraient aucun bénéfice. Nous rappelons, en outre, ce que nous avons dit plus haut, que le retour de ces régions à climat si spécial dans nos plaines à conditions atmosphériques et météorologiques si différentes, offre de grands inconvénients.

Le Dr Surbled termine son travail en rappelant deux vœux, qui ont été exprimés par le Dr Pujade et que nous voudrions discuter brièvement.

Au lieu de grands établissements, comprenant un nombre élevé de malades, le Dr Pujade voudrait « un sanatorium de 15 à 20 lits seulement, où le médecin serait tout à ses malades et les aurait dans la tête, sous la main et, ajoute le Dr Surbled, au cœur ».

En principe, nous sommes assez partisan de cette idée. Il serait évidemment préférable, si la chose était possible, de restreindre le chiffre des pensionnaires des sanatoria, pour que le médecin puisse mieux s'occuper de chacun d'eux. Il lui serait, dans ces conditions, plus facile d'étudier le caractère de ses patients, suivre la marche de leur affection et individualiser ses prescriptions hygiéniques et thérapeutiques.

Nous ne pouvons que déplorer, sous ce rapport, le fâcheux exemple donné à Paris, où l'on a construit un immense sanatorium pour tuberculeux indigents. Nous voulons parler du sanatorium d'Agicourt, qui — si nos renseignements sont exacts — est destiné à héberger environ 400 poitrinaires. Nous ne saurions assez nous élever contre une telle conception, absolument fantastique.

Mais, ne nous le dissimulons pas, les établissements trop restreints ont aussi leurs inconvénients. Sur un petit nombre de malades, le nouveau venu risque fort de n'en pas rencontrer un seul qui lui soit vraiment sympathique et qui puisse lui faciliter un séjour forcément assez long. De fâcheuses coïncidences exposent à la réunion simul-

tanée et exclusive de cas graves et avancés, ce qui est moins à craindre si le chiffre des pensionnaires est assez élevé. Le médecin éprouvera beaucoup plus de difficulté à maintenir dans ce milieu pathologique une atmosphère de résignation, de satisfaction, voire même de gaieté; il peut se faire qu'il n'y ait que des gens moroses sur quinze ou vingt sujets; cela n'arrivera jamais sur quatre-vingts ou cent personnes. Enfin, diminuer le nombre des pensionnaires signifie augmenter les frais généraux, d'où la nécessité d'élever le tarif — déjà assez haut — des frais de séjour. Le sanatorium tel que le rêve et le décrit le Dr Pujade, serait très beau; ce serait l'idéal, mais il ne pourrait être fréquenté que par des millionnaires.

Mais, dit le Dr Surbled, « même avec tous ces perfectionnements, le sanatorium n'est jamais qu'un pis-aller.... La maison, si hospitalière qu'elle soit, ne vaudra jamais le home sanatorium de Landouzy, ce que le Dr Pujade appelle plus simplement le sanatorium chacun pour soi et chez soi.... Pour le pauvre tuberculeux, les soins affectueux, constants, intelligents de la famille ne sont pas une adjuvance du traitement, ils sont une *nécessité*. »

Ce n'est pas nous qui nierons la *possibilité* de réaliser le traitement rationnel de la phtisie à domicile; nous l'avons défendue depuis plusieurs années et nous y croyons encore (1). Il nous est déjà arrivé maintes fois d'obtenir des succès réels par cette cure chez soi. La tâche est malaisée dans ces conditions; elle n'est cependant pas au-dessus des forces d'un médecin consciencieux et dévoué.

Mais, hâtons-nous de l'ajouter, les cas où l'on peut obtenir des résultats de la cure à domicile constituent l'infime exception. Aussi nous retournerons la proposition émise par notre confrère et nous dirons que la cure chez

(1) *La cure d'air chez soi. Conseils aux poitrinaires qui veulent se guérir*, par le Dr Moeller. Bruxelles, Société belge de librairie, 1895.

soi n'est qu'un pis-aller et que le sanatorium doit rester la règle.

Nous serions entraîné trop loin si nous voulions entreprendre de démontrer la supériorité du traitement dans les établissements *ad hoc* sur le séjour dans la maison familiale. Qu'il nous suffise de rappeler que, seul, le sanatorium pourra réunir *toutes* les conditions voulues pour atteindre le but suprême de la guérison : la cure d'air y sera faite d'une façon plus rationnelle et plus efficace ; l'alimentation y sera plus complète et plus méthodique ; les soins de la peau y seront donnés avec plus d'intelligence ; le repos du corps et de l'esprit y sera mieux assuré ; il sera plus facile d'y réaliser tous les desiderata de l'hygiène, tels que bonne orientation de la maison, exposition saine des chambres à coucher, chauffage, aération, éclairage, etc.

Qu'on ne vienne pas nous dire que les soins affectueux, constants et intelligents de la famille sont une nécessité. Qu'il soit regrettable de devoir priver le pauvre tuberculeux de cette douce atmosphère de la vie domestique, nul n'y contredira. Mais à qui la faute ? N'est-ce pas à cette famille qui, malgré son affection, son dévouement et son intelligence, constitue un des plus grands obstacles à l'application du traitement? « Souvent, dit le Dr Daremberg, le grand ennemi du malade, c'est sa famille. Les parents vous invitent à tenter toutes les nouvelles panacées. Ils sont effrayés de l'audace d'un médecin qui fait ouvrir ses fenêtres pendant la nuit et qui place un malade au milieu d'un jardin ; on va l'enrhumer, il prendra froid, c'est un traitement insensé, etc. (1). »

Enfin — et c'est ici un des points capitaux de la question, qu'à notre grand étonnement nos confrères ont presque complètement passé sous silence — seul le sana-

(1) *Traitement de la phtisie pulmonaire*, par le Dr Daremberg. Paris, Rueff, 1892.

torium permettra ce que nous appelons l'éducation hygiénique du tuberculeux. Ainsi que nous l'avons dit ailleurs, « malgré les progrès incessants de la culture intellectuelle des masses, les notions vraies et scientifiques sur la constitution anatomique du corps humain, sur le jeu physiologique des organes et sur l'hygiène de l'homme laissent encore beaucoup à désirer dans la grande majorité du public. Toutes les classes de la société, depuis les plus élevées jusqu'aux plus infimes, ont énormément à apprendre sous ce rapport. C'est principalement dans la tuberculose pulmonaire que la nécessité d'adapter son genre de vie au but poursuivi s'impose d'une manière pressante.

« Or, il est peu de malades qui se soustraient plus facilement, nous allions dire plus volontiers, aux prescriptions de l'hygiène. Tout médecin, qui observe ses phtisiques avec une certaine objectivité, remarquera que la plupart d'entre eux sont, à des degrés divers, des impulsifs, qui se laissent aisément aller à des imprudences ou à des actes absolument contraires à leur intérêt. Trop souvent nous avons l'occasion de déplorer les funestes effets d'une foule de fautes ou d'erreurs commises contre l'hygiène la plus élémentaire.

« C'est une mauvaise éducation à défaire et une bonne éducation à refaire. Mais combien difficile ! Il faut souvent bouleverser radicalement une manière de vivre, qui est peut-être très sage dans ses grandes lignes, mais déplorable dans ses détails. C'est dans ce but que le médecin doit observer son malade de près, le suivre jusque dans les moindres actes de sa vie, le surprendre au moment où il s'y attend le moins. Quand il aura saisi ses côtés faibles, il entreprendra de lui dire la vérité ; il l'instruira de tout ce qui peut exercer une influence nuisible sur sa santé et surtout de ce qui contrarie les effets du traitement ; il profitera de chaque occasion pour lui montrer les fâcheuses conséquences de certaines imprudences, dont il se rend coupable ou auxquelles il est enclin.

» On le voit, il y a là tout un programme pédagogique à remplir. Cette éducation sera dirigée de telle sorte qu'elle produise ses effets jusqu'après la sortie du sanatorium. Le tuberculeux doit apprendre à se conduire — médicalement parlant — selon toutes les règles fournies par l'expérience et la science. Est-il nécessaire d'insister pour établir qu'on ne peut espérer d'arriver à un tel résultat dans les conditions ordinaires de la vie (1) ? »

Nous concluons par des paroles aussi consolantes que celles de nos confrères. Oui ! la phtisie est curable ; on peut presque toujours l'éviter et très souvent la guérir. Les résultats, déjà très beaux, seraient encore beaucoup plus satisfaisants, si on — et par *on* nous entendons aussi bien le corps médical que le public profane — savait recourir *à temps* aux moyens propres à assurer la guérison. Mais pas de demi-mesures ! Si nous ne disons pas que le sanatorium peut seul guérir la tuberculose, nous n'hésitons pas à affirmer qu'il convient dans le plus grand nombre de cas et que c'est lui qui offre le plus de chances de succès.

Dr Moeller.

(1) *Les sanatoria dans le traitement de la phtisie*, par le Dr Moeller, 2e édit. Bruxelles, Société belge de Librairie, 1898.

LE CHÈQUE ET LA COMPENSATION

La loi de l'économie de l'effort est l'une des lois fondamentales de l'économie politique. Même c'est la loi économique par excellence, si on lui donne sa signification la plus extensive.

Quel est en effet l'objet de l'économie politique ? Il n'est autre que l'activité de l'homme en vue de la *subsistance* (1). C'est bien ainsi qu'Adam Smith l'a compris : il assigne à l'économie politique un but pratique, l'enrichissement du peuple et du souverain.

Il nous paraît qu'il n'y a pas de bonne définition de l'économie politique, s'il n'y est fait mention de l'*homme*. Aussi voyons-nous un économiste contemporain, M. Marshall, appeler l'économie politique, une science des mobiles humains, — bien entendu la science des mobiles qui dirigent l'activité de l'homme dans la poursuite des biens.

Dès lors, la formule qui exprimera selon quelle loi l'homme dirige son activité dans cette poursuite, ne pourra-t-elle pas à bon droit être tenue pour la clé de la science ?

Justement, la loi de l'économie de l'effort n'est que la constatation de ce fait que l'homme, *obligé de travailler*, de faire effort pour subsister, tend à régler, à ordonner son effort, de façon à obtenir du moindre effort le plus grand objet utile.

(1) Le mot « subsistance » aussi doit être largement entendu, de façon à comprendre ce qui est nécessaire, utile ou même simplement agréable. .

Telle est la signification de la loi. Elle implique la loi du travail, c'est-à-dire le travail comme moyen d'entrer en possession des biens.

Ainsi comprise, elle ne s'applique pas seulement aux phénomènes relatifs à la production, mais encore aux autres domaines de la science économique. Elle signifie alors que l'homme économique est ménager de sa peine (1).

On voit tout de suite que cette vérité est susceptible d'applications multiples. La division du travail, notamment, s'explique par la poursuite de l'utilité maximum en rapport avec l'effort le moindre.

Il ne serait pas malaisé de montrer que la même loi domine l'économie de la répartition, et notamment que l'antagonisme entre le capital et le travail en est une manifestation.

Mais l'objet même de cette étude délimite, au sein du vaste domaine économique, le terrain où il est particulièrement intéressant pour nous de voir fructifier la dite loi. Ce terrain c'est l'économie de l'échange et de la circulation ; c'est en particulier la parcelle de la science où fleurissent les théories relatives à l'économie du numéraire.

La loi de l'économie de l'effort se manifeste en tout échange aux yeux avertis : même elle est la raison de tout échange.

(1) Évidemment l'homme économique n'est qu'une abstraction. Mais l'homme est une réalité, et la préoccupation de la subsistance chez l'homme aussi est réelle. L'économiste suppose que les hommes dans la poursuite de la subsistance raisonnent, et ménagent leurs efforts. Si cela n'était pas vrai, les phénomènes économiques ne seraient pas ce qu'ils sont dans nos sociétés. Au cours de cette introduction à l'examen de certains phénomènes de l'économie politique, il n'est pas possible de traiter *ex professo* des lois économiques. Peut être conviendra-t-il pourtant de mentionner ici le nom de M. K. Bücher et la critique qu'il a faite du « principe du moindre effort ». Alors qu'il nie le postulat des économistes, est-il bien sûr du sien, l'assimilation des sauvages de notre temps aux primitifs ? Et, son postulat admis, n'est-il pas permis de voir dans maints faits qu'il rapporte au sujet de l'égoïsme et de l'imprévoyance des sauvages une forme, assurément vicieuse, primitive si l'on veut, pour nous, viciée, de l'épargne d'efforts ?

Car comment s'établit, dans l'échange, l'accord des volontés ? Pour le réaliser, il faut que chacun des échangistes éventuels y trouve avantage. Appelons A et B les deux denrées qui seront tantôt échangées ; supposons de plus qu'A = B. Jusqu'ici la raison de l'échange n'apparaît pas. On ne voit pas pourquoi l'échange, le troc aurait lieu.

L'échange se fera parce que le possesseur de A estime que, pour lui, B vaut plus que A, B > A ; tandis que le possesseur de B estime au contraire que A > B.

Dans l'appréciation de la valeur de A et de B, intervient donc un élément subjectif, le désir des hommes. L'échange, comme Bastiat l'avait vu, crée une utilité gratuite.

En d'autres termes, chacun des échangistes entend donner le moins pour recevoir le plus, — vendre cher le produit qu'il a fabriqué, c'est-à-dire son effort cristallisé, — acheter bon marché le produit du travail d'autrui.

On donne généralement pour la loi qui domine la théorie de l'échange, la loi de l'offre et de la demande. Elle n'est pour nous qu'une formule plus compréhensive ou, plus simplement, un aspect particulier de la loi de l'économie de l'effort.

Les circonstances ont-elles amené en un temps et un lieu donnés une offre surabondante eu égard à la demande, celui qui demande le produit ménagera sa peine représentée par le numéraire dont il dispose et réduira le prix qu'il est disposé à donner. D'autre part, ceux qui sont venus offrir la marchandise et qui peuvent attendre une occasion meilleure, retireront la marchandise du marché, en gens avisés, économes de leur peine représentée par le produit dont ils sont vendeurs éventuels. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait que le vendeur eût quelque raison majeure d'obtenir à tout prix du numéraire, non en tant qu'homme économique, mais en tant qu'homme animal pressé par la faim par exemple, ou en tant que citoyen,

obligé par le Pouvoir social à un paiement qui ne souffre pas de retard, celui d'un impôt ou d'une dette échue... (1).

Et l'emploi de la monnaie, qu'est-ce autre chose qu'une facilité conquise, une masse de peines économisées ? Tous les traités d'économie politique décrivent les difficultés du troc, les pertes de temps qui en résultent, les risques d'altération des marchandises au cours des négociations souvent multiples que les échangistes doivent opérer avant d'obtenir la possession de l'objet désiré ...

Et la frappe de la monnaie, qu'est-elle sinon une facilité de plus donnée aux échangistes ?

Évidemment l'évolution du troc primitif remplacé par l'achat-vente à l'aide de la monnaie d'abord vérifiée et pesée, puis garantie officiellement quant à son titre et à son poids, met en présence d'un acheminement progressif vers des modes plus faciles d'opérer les transactions.

(1) Y a-t-il antinomie entre le système économique et le système moral de l'échange ? L'homme économique et l'homme moral s'y trouvent-ils en conflit ? A première vue on serait tenté de faire à ces questions une réponse affirmative, si l'on n'en était dissuadé par cette considération d'ordre supérieur, la subordination de l'économique à l'éthique.

Mais, que l'on scrute le problème de près : on verra que le conflit en général n'est qu'apparent et que le triomphe de la loi morale n'est pas obtenu généralement au détriment de la loi économique.

Le point de vue économique déterminera l'échangiste à désirer le plus en échange du moins, c'est bien vrai. Néanmoins, nous le savons, généralement il subira les conditions du marché, les effets de l'offre et de la demande et de la concurrence. Qu'est-ce à dire sinon qu'il paiera le juste prix selon l'estimation commune ? Objectivement les prestations seront équivalentes, subjectivement chacun des échangistes y trouvera son profit, parce que l'échange a cette vertu d'ajouter aux choses une utilité gratuite.

Voilà pour la généralité des cas, même pour la très grande généralité des cas, la difficulté résolue. Car pour les moralistes il n'y a juste prix que par l'estimation commune, de sorte qu'à défaut de celle-ci, la question du conflit entre les deux systèmes ne se pose pas.

Reste une dernière hypothèse : l'objet à échanger a une valeur fixée par l'estimation commune, mais, par suite de quelque circonstance, l'un des échangistes est en mesure d'imposer l'échange à l'autre aux conditions de son choix. Alors évidemment le prix sera fixé selon la moralité du sujet. Il y aurait conflit à défaut de la règle suprême que nous avons admise. Et si le sujet manque de moralité, si la passion ou l'habitude l'aveuglent, il pourra faire prévaloir l'intérêt économique sur l'intérêt moral.

La loi de l'économie de l'effort apparaît encore dans d'autres manifestations des phénomènes de circulation, dans l'emploi des billets de banque, des lettres de change, des chèques...

Primitivement les billets de banque sont représentatifs d'espèces, ce sont des certificats de dépôts de numéraire, qui évitent autre effort ménagé la circulation de la monnaie métallique.

Bientôt l'on s'est aperçu que jamais tous les billets n'étaient représentés à la fois aux guichets des banques, que l'usage du billet bien établi, les besoins du public produisaient une sorte d'action centrifuge qui entraînait une partie au moins des billets hors de la sphère d'attraction des guichets. Et, tout naturellement, les banques d'émission se sont enhardies et ont été autorisées à émettre des billets au delà des dépôts, dans des proportions variées. La charte de la Banque d'Angleterre nous met en présence d'un cas d'application stricte de la relation entre l'encaisse et l'émission non gagée sur du numéraire : l'écart toléré par l'*act* de 1844, c'est en effet la somme même au-dessous de laquelle la circulation n'est jamais descendue pendant les cent années précédentes. D'autres banques, on le verra, voient leur émission réglée moins rigoureusement.

Même en supposant que le billet ait une couverture métallique parfaite, il apporte déjà aux affaires une facilité de plus. Ce qu'est alors le but de sa création, M. Frère-Orban l'expliquait dans le discours prononcé à la Chambre des Représentants, lors du premier renouvellement du privilège de la Banque Nationale : « C'est de permettre au public en général de retirer de la circulation et d'appliquer d'une manière productive une certaine quantité de monnaie qui, lorsqu'elle fonctionne comme monnaie, ne rapporte rien, mais qui, transformée en capital, vient aider à la production et est elle-même productive. »

Si appréciable que soit l'avantage qu'il y a à posséder de la monnaie — grâce au pouvoir d'achat qu'elle représente, — tant qu'elle n'est pas appliquée à un achat, elle ne sert à rien : elle n'a de rôle utile qu'au moment même où la transaction s'opère. Grâce au billet, elle se dédouble. Elle reste disponible pour des transactions éventuelles, à l'état d'espèces, dans les caisses de la Banque, — au moment même où d'autre part elle est utilisable pour d'autres transactions, à l'état de billets représentatifs, aux mains des porteurs.

Si l'on admet — et c'est, en économie politique, une vérité élémentaire— que la productivité du travail s'accroît grâce à l'emploi du capital, qu'à efforts égaux, le capital intervenant, le travail a plus d'effet utile, l'invention du billet de banque apparaît évidemment comme un moyen d'économiser l'effort, il est une manifestation de la loi énoncée.

Le billet *couvert* est déjà une économie d'effort. Le billet qui circule à découvert, pourvu que le quantum de l'émission soit sagement réglé et surveillé comme il faut, est une économie d'effort bien plus sensible encore, car pour une même banque, rien ne distingue le billet non couvert, du billet couvert, de sorte qu'il est comme une création de numéraire qui ne coûte rien, sauf les frais de la gravure et les frais généraux d'administration de la Banque.

L'homme s'est ingénié à ménager ses efforts et ses risques — en ce qui concerne la circulation — de bien d'autres manières encore.

La lettre de change est aussi un effet de la loi. Elle évite les transports de numéraire dans d'énormes proportions — elle les économise — elle permet de régler de place à place sans déplacement de monnaie toutes les transactions dans la proportion où elles s'équivalent.

Le chèque, également, est un moyen d'économiser les déplacements de numéraire. Pourvu que vous ayez un banquier dépositaire de votre capital circulant, vous évitez

par le chèque l'emploi matériel du numéraire, de la monnaie métallique, et des billets de banque même.

Et quand l'emploi du chèque devient bilatéral, quand le bénéficiaire du chèque prend l'habitude de payer lui aussi en chèques, renonce dès lors à convertir en numéraire les chèques qu'il reçoit, et les passe à son banquier, il finit par se créer à côté de la circulation monétaire (billets inclus) une circulation *par compensations*. C'est ce qui est arrivé en pays anglo-saxons où le *clearing house* est l'organe nouveau approprié aux conditions nouvelles de la circulation, le *clearing house* servant à la compensation inter-bancaire des chèques tirés sur les diverses banques.

Grâce à ce rapide coup d'œil sur les diverses modalités de la loi de l'économie de l'effort dans ses applications à la circulation, nous voici amenés au seuil de notre sujet.

Ne le franchissons pas sans avoir remarqué que toutes ces manifestations de la loi sont, en somme, l'adaptation des facultés naturelles de l'homme à sa fonction économique.

Ainsi la loi économique elle-même nous apparaît comme l'expression particulière d'une loi générale, celle de l'adaptation des organes aux fonctions, c'est-à-dire, pour le spiritualiste, comme un des multiples aspects de l'harmonie providentielle.

La fonction de l'homme économique, c'est l'application de son effort à la subsistance ; ses facultés psychiques et physiques sont les organes de cette fonction et s'y appliquent *sous l'empire de la raison*.

Disons-le, en passant, non parce que le sujet est de mince importance, mais parce que notre dessein n'est pas de le traiter pour l'instant. Définir les lois économiques ce n'est pas affirmer le déterminisme et nier le libre arbitre. « Les lois, a dit Montesquieu, sont les rapports nécessaires qui dérivent de la nature des choses. » En définissant des lois relatives à l'activité humaine, on ne perd pas

de vue que ce sont *les lois d'une activité libre*, par le fait de la nature : on affirme que l'être libre agissant *en vue de la subsistance*, agira de telle sorte... Chaque fois que chaque homme raisonnable agira, la tendance économique se trouvera en concours avec d'autres tendances : un conflit pourra naître de ce concours. Il sera résolu par la liberté... Nous noterons seulement que l'économie de l'effort comme loi générale de l'activité économique des hommes, suppose implicitement la subordination à la moralité : le dernier mot de l'économie de l'effort n'est ni le vol, ni la violence, mais le respect parfait du droit, qui donne à chacun la pleine jouissance de ses efforts compatible avec la pleine jouissance de ses efforts par chacun.

I

L'ÉVOLUTION DU CHÈQUE

Si nous voulons faire l'histoire naturelle du chèque, il nous faut, avant tout, déterminer à quelle famille il appartient dans l'ordre auquel il se rattache.

Le point de vue juridique négligé — on verra tantôt pourquoi — tous les moyens de circulation se ramènent à deux types ou ordres : la monnaie et ses substituts, d'une part, les instruments de crédit, de l'autre (1).

Ce qui caractérise le crédit, c'est la mise à la disposition du débiteur d'un capital qui ne lui appartient pas. L'utilité du prêt, c'est qu'il donne du *temps* au débiteur pour se libérer. C'est si vrai qu'il peut y avoir crédit sans intervention d'espèces, comme il arrive dans tous les cas où le vendeur n'est pas payé au comptant. On voit ici le temps tenir lieu d'argent et la vérification du dicton

(1) Il y a aussi les *titres*, les valeurs mobilières, dont on pourrait faire un ordre distinct. Mais nous voulons ramener le problème aux proportions les plus simples.

anglais, dans un sens qui n'est pas, il est vrai, le sens habituel : *Time is money*.

Il y a, au contraire, à la fois paiement, et paiement comptant, dans les cas où les obligations s'exécutent au moyen de la monnaie et de ses dérivés, le billet de banque *et le chèque*.

Le chèque est de la même famille que le billet de banque.

Comme le billet de banque, il représente des espèces à la disposition du bénéficiaire et déposées à la banque qui a émis le billet ou délivré le carnet, selon le cas.

La provision détenue par le banquier sur qui le chèque est tiré, d'une part, le remboursement toujours exigible du billet de banque, d'autre part, sont les conditions déterminantes de la circulation de ces instruments de paiement.

Ces titres au paiement supposent sans doute le *crédit* de la banque, ont pour condition de leur circulation que l'on ait foi dans sa solvabilité. Mais ce ne sont pas des moyens de différer la libération.

Au point de vue juridique, la détention d'un billet de banque ou d'un chèque constitue il est vrai, une créance active dans le chef du porteur, passive dans le chef de la banque, mais l'obligation juridique dont il s'agit n'a pas les caractères économiques du crédit.

Le chèque et le billet de banque, c'est bien entendu, constituent deux *genres* distincts. Le chèque n'est pas nécessairement au porteur ; la somme à payer y est inscrite par le tireur, qui peut être une personne quelconque, comme la somme peut être quelconque, cinq francs ou cinq millions. Le chèque doit être signé par le tireur, le chèque doit être daté.

Par là le chèque n'est pas sans analogie avec la lettre de change ; il lui ressemble, il a avec elle, et surtout avec le billet à ordre, *un air de famille*.

C'est qu'il est juridiquement apparenté à la lettre de change.

La loi belge du 20 juin 1873 est en parfaite concordance avec les distinctions qui précèdent. Elle exempte du droit de timbre les chèques et généralement tous titres à un paiement *au comptant et à vue sur fonds disponibles*, assimilant ainsi les chèques et leurs dérivés aux espèces.

D'autre part, la loi applique à ces titres le traitement juridique réservé à la lettre de change en ce qui concerne la solidarité, le protêt, l'action en garantie, la prescription.

Bref, elle entoure des mêmes garanties la création et le paiement du papier de crédit commercial et la création et le paiement des chèques.

Leur air de parenté leur vaut l'analogie du traitement juridique, mais le traitement fiscal est différent.

« Le chèque est un bon à vue détaché d'un livre à souche et donné, sur le banquier qui a reçu provision préalable, par le débiteur ou payeur au créancier ou à la personne qui doit recevoir. »

Cette définition est celle de Littré, qui l'a empruntée à Lechevalier de Saint-André. Elle montre fort bien que le chèque est un moyen de libération et non de crédit ; il sert à payer et non à emprunter. De son côté, M. Paul Leroy Beaulieu commence sa définition du chèque en l'appelant *un ordre de paiement*.

Quelle est donc son utilité ?

Disons tout d'abord que le rôle du chèque simple, le seul dont nous traitions pour l'instant, ne rend pas raison de l'utilité du chèque anglais moderne ou chèque barré.

L'usage du chèque a pour effet de dispenser ceux qui l'emploient à leurs paiements de la garde, du maniement, du transport des espèces. Notamment il met à l'abri des risques de garde, des frais et des risques de transport de la monnaie et des billets de banque.

Il est *une économie d'effort* qui est devenue d'une pratique générale, en premier lieu, chez un peuple adonné au commerce et ayant le génie pratique du commerce.

L'attention d'un peuple placé dans ces circonstances s'est justement portée sur les moyens les plus perfectionnés d'épargner l'effort dans les procédés de *circulation*. Une profession est née de là, tout naturellement aussi.

Elle est née d'autant plus naturellement qu'on avait plus de raisons de craindre les voleurs.

Ce trait de mœurs est signalé par Thorold Rogers dans ses *Economics of History*, à propos de l'institution de la Banque d'Angleterre (fin du XVIIe siècle). Les promoteurs de cette création se montrèrent, dit-il, hésitants. « Ils pressentaient qu'ils allaient se heurter contre les orfèvres, qui se chargeaient de mettre en lieu sûr les dépôts de leurs clients — à une époque où Londres fourmillait de voleurs — et leur délivraient en échange des reçus sous forme de billets transmissibles (1). »

Ce n'étaient pas là des chèques, c'étaient des billets qui tenaient à la fois du billet de banque et du chèque. La création de la Banque d'Angleterre contribua sans doute à la transformation, à la spécialisation de la profession des « orfèvres » que Thorold Rogers nous dépeint comme les caissiers de leurs clients, ce qui est le trait caractéristique des banques locales anglaises d'aujourd'hui

Le chèque a des inconvénients, c'est certain. Quelle institution est sans défaut ? Mais les Anglais ont su parer aux dangers du chèque : les uns ont été évités sans le transformer, les autres l'ont été grâce à sa transformation.

Parlons des premiers.

Celui qui accepte un chèque est exposé à n'être pas payé si le banquier n'a pas provision.

En Angleterre on obvie pratiquement à cet inconvénient

(1) Page 189 de la traduction française publiée sous ce titre : *Interprétation économique de l'histoire*. Paris, Guillaumin, 1892.

en ne remettant de carnet à souche qu'aux personnes sûres. Il faut, pour obtenir cet avantage, être présenté à la banque par un client sûr lui-même.

Puis la loi punit sévèrement, impitoyablement, celui qui a tiré sur le banquier sans qu'il y eût provision pleine entre les mains de celui-ci, — sauf le cas de convention spéciale sur ce point entre la banque et son client.

On sait qu'assez récemment il s'était fondé à Londres une *Banque des chèques* qui délivrait des chèques d'import limité, de valeur déterminée comme celle des billets de banque. L'institution eut un succès prodigieux, mais la fraude intervint : de faux chèques furent mis en circulation, et la jurisprudence, protectrice des porteurs de bonne foi, fut si sévère à la banque qu'elle dut suspendre ses paiements.

L'histoire de la *Banque des chèques* est instructive. Elle montre que la pratique traditionnelle de la banque britannique — la circonspection avec laquelle les carnets sont créés — est la meilleure garantie du système des chèques.

Un autre inconvénient du chèque, c'est que, perdu, détourné et contrefait, il peut être payé par le banquier, soit au détriment du tireur ou du bénéficiaire, soit à son détriment propre.

A ce danger, le remède inventé par l'ingéniosité anglo-saxonne est merveilleux et radical, mais il suppose la compensation, et la compensation érigée en système.

« Le chèque, dit M. Arnauné, sert à opérer des paiements, des virements et des compensations. »

Le chèque est-il remis à une personne qui n'use pas elle-même du chèque pour ses règlements de compte, il sera payé en espèces.

Le bénéficiaire est-il client du même banquier que le tireur, un virement en sera la conséquence.

Enfin les bénéficiaires ont-ils généralement l'habitude de remettre les chèques quelconques qu'ils reçoivent à leur

banquier, la compensation elle-même se généralisera et sera l'aboutissement naturel des paiements par chèques.

La distinction qui précède est tout le secret de l'atrophie du système des chèques en France, de sa floraison et de son expansion en pays anglo-saxons.

Celui qui reçoit un chèque se rend-il à la banque et en exige-t-il des espèces, le chèque ne se perfectionnera pas. L'usage du chèque devient-il bilatéral, au contraire, le voilà en voie de transformation et de progrès. Celui qui a reçu le chèque le remet-il à un banquier sans exiger d'espèces, demande-t-il un carnet de chèques pour faire à son tour ses paiements à l'aide de chèques, voilà le système fécondé, voilà que le chèque *fait des petits*.

Ainsi à un effort initialement ménagé s'ajoutent de nouvelles épargnes d'effort.

Ainsi l'emploi de la monnaie proprement dite se restreint, nous voulons dire, bien entendu, son emploi matériel et son déplacement, car les habitudes que nous décrivons reposent sur une base métallique, qui en demeure la condition *sine qua non*.

On s'étonnera d'autant moins que ces usages se soient établis dès longtemps en Angleterre que la monnaie y était fort rare au siècle dernier, et que la compensation multipliait ce que Rogers appelle l'*usage effectif de la monnaie*, c'est-à-dire l'ensemble des opérations auxquelles une quantité fixe de monnaie peut servir de base, en un temps donné.

La compensation, à son tour, s'est systématisée. L'organe approprié à la fonction économique est apparu et s'est développé avec elle : c'est le *clearing house*.

Un auteur pittoresque, pour nous faire assister à la naissance du *clearing house* londonien, nous mène au coin d'une rue de la Cité où nous voyons deux commissionnaires de banque se rencontrer, compenser les paiements dans la mesure où les comptes respectifs des deux banques s'y prêtent, et puis s'en retourner chacun à la

banque à laquelle il appartient, non sans économie de temps et de peines.

Telle serait l'origine d'une institution — le *clearing house* de Londres — dont les opérations annuelles dépassent en valeur 200 milliards de francs. Car nos commissionnaires se sont bientôt donné rendez-vous en plus grand nombre à l'auberge d'abord, dans une salle louée *ad hoc* ensuite. Bientôt leurs patrons se sont avisés de réglementer et de contrôler les compensations, et le *clearing house*, la maison d'apurement (du verbe *to clear*) des comptes est née (1).

L'origine légendaire du *clearing system* est connue sans doute du correspondant qui nous écrit qu'à Paris « les encaisseurs des sociétés de crédit ont des ordres stricts de refuser tout paiement au moyen de chèques, alors même que le débiteur a un compte de chèques à la banque qui fait encaisser ».

La précaution s'explique. Les encaisseurs ne sont pas en mesure de contrôler les conditions de la compensation.

Les employés que l'anecdote britannique met en présence sont nantis de fonds. Ce sont des « décaisseurs ». Le trait est typique. Tel est l'usage du commerce local en Angleterre : c'est le débiteur qui prend l'initiative de sa libération. Un banquier qui a des espèces à remettre à un autre les lui envoie et n'attend pas qu'on vienne les réclamer.

Nous pouvons nous rendre compte dès lors avec exactitude de l'opération caractéristique du *clearing house*, en précisant l'économie d'effort des deux employés de banque mis en scène.

L'employé de la banque I est porteur de fonds pour la banque II, et l'employé de la banque II est muni de fonds destinés à la banque I. Ils peuvent s'épargner la moitié de la course en se rencontrant à point et remplir leur

(1) Nous employons le mot *apurement* faute d'un autre. On « apure » ici les comptes, en élaguant toutes les sommes susceptibles de compensation.

mission par la remise de l'un à l'autre de la somme qui balance les comptes des deux banques. Systématisez l'opération, vous avez le *clearing house*. Car, remarquez-le, nos commissionnaires, avec des données d'expérience sur l'importance de la balance des comptes, peuvent ne plus déplacer qu'une partie du numéraire qui représente l'import total des deux comptes. Ce que nous traduisons ainsi : l'emploi du numéraire est économisé, réduit. Nous savons dans quelle énorme proportion.

Et cela s'est fait *naturellement*. Cet avis, c'est celui d'un spécialiste qui vient de consacrer aux *clearing houses* des États-Unis une étude détaillée et documentée, M. James C. Cannon. Il considère que le *clearing*, où qu'il vienne à surgir, est un produit spontané des phénomènes économiques ambiants (1).

Le *clearing house* de Londres remonte à l'année 1773 ou à l'année 1775, selon Stanley Jevons. Nous ne voulons ni raconter son histoire ni décrire son fonctionnement (2). Contentons-nous de dire que c'était, à ses débuts, une simple chambre louée en commun par quelques banquiers de la Cité, où leurs commis se réunissaient, dans le secret le plus absolu, pour l'échange des titres et des billets et le règlement par compensation des comptes.

Sans vouloir exposer le mécanisme du *clearing house* on peut en faire voir le rouage caractéristique. Pour la simplicité nous supposerons l'intervention de deux banques seulement.

A est bénéficiaire d'un chèque payable par la banque I.

B est bénéficiaire d'un chèque payable par la banque II.

Mais A est client de la banque II, tandis que B est client de la banque I.

(1) *Clearing houses, their history, methods and administration* London, Smith, Elder et C°, 1901, p. 321.

(2) Cette description a été faite maintes fois, et notamment par Stanley Jevons, dans son livre *La monnaie et le mécanisme de l'échange*, aux chapitres XX et XXI de l'édition française de la maison Alcan.

Ni A ni B ne demandent à recevoir des espèces, mais seulement à être crédités chez leur banquier de la somme qui leur est due.

Si les deux chèques sont d'égale valeur, il y a lieu à compensation parfaite.

Si l'un des chèques est d'une somme égale à la moitié de la somme que l'autre représente, il n'y a que compensation partielle...

Supposez à présent vingt banques en présence et toute leur clientèle : on arrivera à compenser un nombre énorme de transactions. Théoriquement on réalisera même la compensation parfaite de toutes les transactions locales.

Nous revenons au chèque.

Il est, avec les titres (les valeurs mobilières), l'objet matériel des compensations.

De même que les compensations ont donné naissance à un organisme approprié, le fonctionnement du *clearing house*, à son tour, a transformé le chèque.

Le bénéficiaire d'un chèque, habitué lui-même à user de chèques pour se libérer des obligations qui lui incombent, ne touche pas le chèque en espèces. Il le transmet à son banquier.

Le chèque est-il transmissible par voie d'endos, la mention du nom du banquier s'indique d'elle-même.

Cette mention aussi s'est généralisée, parce que le chèque endossé à un banquier se trouvait soustrait à la chance d'être encaissé frauduleusement, un détenteur de mauvaise foi, inconnu du personnel des banquiers, ne pouvant se hasarder avec succès à en réclamer le paiement.

Le chèque est-il au porteur, on y inscrit en travers, entre deux traits de plume, le nom du banquier. Dès lors le chèque a beau s'égarer, le tiers porteur ne pourra plus l'utiliser..... il est vacciné contre le vol et la fraude.

L'usage du vaccin s'est étendu. On a rendu le chèque payable seulement à *son* banquier — ou à *un* banquier.

On n'a plus inscrit entre les barres transversales que les mots *et C°* — ou même on n'y a plus rien inscrit du tout.

Le chèque barré est ainsi décrit par Littré dans son *Dictionnaire* (édition de 1883) :

« C'est un chèque traversé par deux barres entre lesquelles on met le nom du banquier de la personne à qui le chèque est remis, ou tout au moins le signe *et Cie*, ce qui oblige le porteur à faire encaisser le montant du chèque par son banquier dans le premier cas et par un banquier quelconque dans le second, c'est-à-dire par une personne connue et qui ne l'aura elle-même reçu que d'une personne connue. »

C'est là l'état de transition du chèque *rayé* ou *barré* (*crossed* en anglais).

Nous arrivons de la sorte à la dernière phase de l'évolution du chèque.

Le chèque barré, dans son état actuel, ou plutôt le *chèque anglais*, d'un ordre de paiement que le chèque était à son origine, est devenu *un ordre de compensation*, *une pièce comptable*.

Il ne constitue pas un paiement.

« Il n'est que la constatation d'une opération commerciale dont la liquidation s'opère par de simples écritures entre banquiers. *Il n'est jamais payé* : on achète, on donne un chèque qu'on ne paie jamais ; on vend, on reçoit un chèque dont on ne touchera jamais le montant (1). »

Pour préciser ceci, nous dirons que le client achète à un banquier un carnet de chèques *barrés* dont il use ensuite pour les paiements qu'il a à faire ; d'autre part, le fournisseur (le tailleur) du porteur de carnet reçoit en paiement ces chèques barrés. Lui-même les remet à son banquier et celui-ci en obtient la valeur en les présentant à la compensation.

(1) M. et A. Méliot, *Dictionnaire financier international*. Paris, Berger-Levrault et Cie, 1899. p. 223.

Le tout s'est fait sans *déplacement* d'espèces ou de billets de banque, ce qui ne veut pas dire sans leur *intervention latente*.

Il serait tout à fait erroné de conclure de ce qui précède qu'on pourrait se passer d'espèces et de billets grâce à la généralisation du *crossing system*. Ce qui est vrai, c'est qu'on en fait une très sensible économie.

Il est certain que tout le système repose sur une circulation monétaire saine et une organisation sûre de l'émission. *Si le chèque barré est accepté en paiement, alors qu'on sait qu'il ne donnera pas lieu à une remise de numéraire, c'est pourtant parce qu'il vaut du numéraire.*

Le *clearing system* peut fonctionner théoriquement, c'est bien clair, à l'aide de titres quelconques, à vue ou échus.

L'usage du chèque anglais, dans sa constitution actuelle, suppose le *clearing ;* la compensation est sa destination normale.

C'est avant tout du point de vue économique, du point de vue de la *currency*, qu'une différence profonde sépare le chèque barré du chèque non barré. Le premier ne doit pas être payé, il ne doit donner lieu à aucun mouvement d'espèces. Là est son ingéniosité (1).

II

LE CHÈQUE ET LE BILLET DE BANQUE

« Le billet de banque est à ces formes multiples : écritures de *compensation*, virements, accréditifs, *comptes*

(1) Le chèque, quel qu'il soit, n'est pas un titre de crédit. Cette remarque ruine d'avance toutes les considérations spéculatives de ceux qui attendent du développement de l'usage du chèque la gratuité du crédit.

Comment a-t-on pu croire que la généralisation de l'emploi du chèque anglais supprimerait l'intérêt? Selon l'expression pleine de force de M. Leroy Beaulieu, l'intérêt des capitaux est « le lien des sociétés modernes ». Le

courants avec chèques, etc., ce que la patache est aux chemins de fer. » Ainsi s'exprimait M. Auguste Couvreur à la Chambre des représentants de Belgique, dans la discussion de la loi de 1872 qui prorogea pour la première fois le privilège de la Banque Nationale.

Il ne semble pas téméraire d'affirmer que cette manière de voir est celle des meilleurs esprits. Dans les belles leçons professées à l'École des sciences politiques de Paris, M. Arnauné fait sienne la manière de voir de l'illustre auteur de *Lombard street* (1). Et Bagehot tient pour un stade inférieur l'évolution de la circulation fiduciaire, l'usage prédominant du billet de banque

L'émission, selon Bagehot, se développe avant les dépôts. Or, c'est sur les dépôts que vient se greffer l'usage du chèque, usage dont la généralisation est le point de départ du *clearing system*. « Aucune nation, dit l'auteur, n'est encore arrivée à créer un grand système de banques de dépôts sans passer d'abord par la phase préliminaire de l'émission de billets de banque. Il est plus facile, en effet, *dans un pays où les affaires de banque ne sont pas encore développées*, de placer des promesses de payer que d'obtenir des dépôts. L'émission des billets ne nécessite aucun effort de la part du public. Elle est le fait du banquier, qui emploie les billets à l'escompte du papier de commerce. Pour que la circulation du billet de banque ne s'établit pas, il faudrait qu'un grand nombre de personnes eussent le soin de toujours payer le banquier avec son propre papier. Il est beaucoup moins facile d'attirer des dépôts dans une banque. *Ce n'est pas le banquier, c'est le public qui doit ici prendre l'initiative* (2). »

crossing system suppose l'intervention des banques, et un service qu'il faut payer conformément aux lois générales qui régissent les prix et la valeur des services. Il laisse notamment aux banquiers les risques de leur profession.

(1) *La monnaie, le crédit et le change*, par A. Arnauné. Paris, Félix Alcan ; p. 367 de l'édition de 1894.

(2) *Lombard street*, par William Bagehot. Paris, Germer Baillière ; p 67 de l'édition de 1874

La citation est un peu longue, mais nous prétendons en tirer plus d'une réflexion.

Le crédit, en France comme en Belgique, en est encore à la phase de l'émission, dès longtemps dépassée dans les pays anglo-saxons, comme en fait foi l'énorme chiffre d'affaires des *clearing houses* à Londres, à New-York, à Melbourne même.

Dans le Royaume-Uni, dit M. George Clare, « la circulation consiste principalement en chèques. En France, au contraire, le chèque est fort peu connu et les transactions se règlent presque toujours au moyen de numéraire. Les banquiers de Paris et d'autres grandes villes émettent des chèques, mais ceux qui les reçoivent les considèrent moins comme une *monnaie* que comme un *mandat* qu'ils vont immédiatement encaisser en numéraire » (1).

Comment se fait-il qu'en Belgique, malgré le magnifique développement du commerce extérieur, malgré l'application des capitaux aux grands travaux publics des pays les plus lointains, dans un pays où les *banques* sont nombreuses, prospères, puissantes, où elles remplissent un rôle extrêmement important, — comment se fait-il qu'en un tel milieu le chèque commence seulement à être connu et que la compensation soit encore inusitée ?

Il faut bien reconnaître que jusqu'ici la *banque*, en donnant à ce mot le sens qu'il a en Angleterre, y est peu développée.

« Un étranger — c'est encore Bagehot qui nous l'explique — serait disposé à penser que les Rothschild sont des banquiers, s'il existe des banquiers au monde. Mais ceci ne fait qu'indiquer la différence essentielle qui existe entre l'idée que nous (Anglais) nous faisons de la banque et celle que s'en font les étrangers.... MM. Rothschild sont d'immenses capitalistes qui ont, sans doute,

(1) *Le marché monétaire anglais et la clé des changes*, par George Clare, traduction française de M. Gérard Giraud. Paris, Lecène, Oudin et Cᵒ ; pp. 191 et 192 de l'édition de 1894.

entre les mains beaucoup d'argent appartenant au public. Mais ils ne recevraient pas 2000 fr. payables à vue pour les rembourser en chèques de 100 fr. ; or, *c'est là ce qui constitue la banque anglaise*. Ils ont emprunté en grosses sommes, et pour un terme plus ou moins long, l'argent qu'ils ont entre les mains. Les banquiers anglais, au contraire, reçoivent une quantité de petites sommes payables à vue ou dans un court délai. La façon dont ils se servent de leur argent est aussi toute différente. Un étranger pense que les affaires de change, c'est-à-dire l'achat et la vente de papier sur l'étranger, constituent une des principales fonctions de la banque... La grande majorité des banquiers de province, en Angleterre, ne vendent du papier que sur Londres ou les principales villes anglaises, et à Londres le commerce du papier commercial échappe aux banquiers. La plupart d'entre eux ne sauraient pas faire une opération de change et ne sauraient comment s'y prendre pour faire revenir l'argent ; ils aimeraient mieux, je crois, devenir marchands de soie que de faire des opérations semblables. »

Quelques chiffres comparatifs aideront à apprécier le contraste que présentent, en ce qui nous occupe, les pays anglo-saxons, d'une part, et la France, de l'autre.

La Chambre de compensation des banquiers de Paris a compensé du 1er avril 1872 au 31 mars 1873 fr. 1 056 840.386. 19 d'effets, en chiffre rond un milliard de francs, soit les deux tiers des effets présentés à la compensation. En 1899-1900 il a été compensé environ sept milliards d'effets, soit, comme trente ans auparavant — chose significative — les deux tiers seulement des effets présentés (1).

Le chèque barré, l'instrument précieux de la plupart des compensations des *clearing houses*, n'a été introduit en France qu'il y a peu d'années, en 1894. Les chambres

(1) Chiffres extraits du BULLETIN DE STATISTIQUE de novembre 1900.

syndicales de Paris, à qui revient l'honneur de cette initiative, sont d'ailleurs bien loin de tirer de l'innovation tous les résultats qu'elle comporterait si elle était bien comprise.

Le *clearing house* de Londres, en 1872, avait compensé 6 milliards de livres sterling, soit 150 *milliards* de francs. En 1898 nous trouvons un total de compensations de 8 097 291 000 £, en 1899 de 9 150 269 000 £ (1). Neuf milliards de livres, si nous négligeons les simples millions, c'est-à-dire 225 milliards de francs ! Que sont à côté de cela les sept milliards de la Chambre de compensation française ?

Ces liquidations ont lieu sans qu'il soit nécessaire de déplacer un *penny*, selon l'expression caractéristique de M. Arnauné. Car les soldes sont réglés au moyen de virements sur la Banque d'Angleterre, qui est le banquier de tous les banquiers et du *clearing house* lui-même.

Qu'on veuille bien le remarquer, ces compensations opérées au *clearing house* de Londres ne sont elles-mêmes que le résidu d'une quantité infiniment plus importante encore de liquidations. « Quelque considérables que soient les transactions qui se règlent chaque jour au *clearing house* de Londres, dit Stanley Jevons, elles se réduisent, après tout, à celles qui n'ont pas été liquidées antérieurement par des communications plus directes et souvent elles représentent les balances d'une multitude de transactions qui ne passent jamais par Londres (2). »

Melbourne a son *clearing house*, constitué dans des conditions toutes spéciales, depuis 1868.

Les États-Unis d'Amérique en comptent actuellement *quatre-vingt-huit*. Les compensations du seul *clearing* de New-York ont porté en 1891-1892 sur 36 milliards de dollars. Les soldes non compensés n'ont été que d'un

(1) D'après le BULLETIN DE STATISTIQUE, nº de mai 1900.

(2) *La monnaie et le mécanisme de l'échange*, par W. Stanley Jevons. Paris, Alcan ; p. 215 de la 5e édition.

vingtième. En 1881 il avait été fait par le seul *clearing* de New-York des opérations à concurrence de 48 1/2 milliards de dollars, soit près de 235 milliards de francs. En 1899 les compensations de cet établissement ont dépassé 300 milliards de francs (1).

Grâce au *clearing system*, l'économie de numéraire prend donc des proportions énormes. Dans l'immense circulation réalisée à l'intervention des *clearing houses* de Londres et des États-Unis, la monnaie n'intervient plus comme équivalent des prestations, mais seulement comme mesure commune des prestations. Du moins *c'est ce qu'on voit*.

Si bien qu'une question se pose. L'économie réalisée grâce à la compensation ne peut-elle pas aller jusqu'à la suppression de la monnaie métallique ? L'*amétallisme* ainsi qu'on l'a appelé — ou le comptabilisme — n'est-il pas l'étape ultime de l'évolution dont nous venons d'indiquer les phases ?

Nous pensons que les seules notations qui précèdent, fournissent les éléments d'une réponse — négative — à ces questions.

Tout le système du chèque et de la compensation suppose l'existence d'un instrument d'échange qui constitue un équivalent réel. Cent fois, mille fois on pourra préférer les chèques à cet équivalent — la monnaie métallique.

(1) Ce dernier chiffre est fourni par le tableau qu'a publié le BULLETIN DE STATISTIQUE, livraison de février 1901, d'après le JOURNAL OF THE INSTITUTE OF BANKERS. Les compensations du *clearing house* de New-York y sont évaluées pour 1899 à 12 152 338 000 livres sterling, et pour 1900 à 10 526 840 000 livres. Le total des opérations des quatre-vingt-huit *clearing houses* des Etats-Unis s'élève à 18 833 900 000 livres en 1899, à 17 732 113 000 livres en 1900. Pendant cette dernière année les compensations atteignent à Chicago 1 339 907 000 liv. ster., à Boston, 1 238 062 000 liv. ster. Dix *clearing houses* font un chiffre d'affaires qui va, en décroissant, de 935 531 000 liv. ster. (Philadelphie) à 111 358 000 liv. ster. (Nouvelle-Orléans). Pour les 31 établissements les moins importants ce chiffre varie de 9 356 000 liv. ster. (Wilmington) à 1 414 000 liv. ster. (Fremont). Enfin pour les *clearing houses* de moyenne importance leurs compensations, en 900, vont de 85 560 000 liv. ster. (Detroit) à 10 178 000 liv. ster. (Fort Worth).

Mais la préférence donnée aux dits chèques suppose que, chaque fois qu'on le voudra, on pourra se procurer un moyen d'échange, une denrée ayant toujours et *partout* un pouvoir d'acquisition réel, intrinsèque — c'est-à-dire de *bonne* monnaie métallique.

C'est là une exigence — une juste exigence — du développement des relations internationales. Dans l'état présent du monde, le crédit public et privé d'une nation — le fait est bien certain — est lié à un régime de circulation à base saine, c'est-à-dire métallique. « Si les métaux précieux perdent leur rôle d'instrument d'échange, dit M. Gide, ils conservent leur rôle de mesure des valeurs, car il est clair que tous ces papiers, billets de banque, etc. (1), reposent en fin de compte sur la valeur de la monnaie métallique (2). »

Le caractère de la bonne monnaie est d'être *internationale*. Ceci n'implique pas d'ailleurs l'existence d'une convention internationale, ni même l'analogie des régimes monétaires quant au titre, au poids des monnaies, mais simplement un accord de fait sur la haute valeur marchande du métal.

Dès lors, quand bien même on ne rechercherait pas la disposition matérielle immédiate de la monnaie, quand bien même on ne l'emploierait pas à une transaction à l'étranger, encore a-t-on intérêt à ce que les pouvoirs publics internes ne puissent pas altérer la valeur commerciale du numéraire.

(La fin prochainement.)

Édouard Van der Smissen.

(1) Compensés chaque jour au *clearing house*.
(2) Ch. Gide. *Principes d'économie politique*, quatrième édition, p. 252.

VERS LE POLE NORD

Les dernières années du siècle qui vient de finir, brilleront d'un vif éclat dans la longue histoire de l'humanité, et les admirables progrès de la science éblouissent ceux qui les étudient. Une noble émulation existe entre les nations. Toutes veulent contribuer à cette marche ascendante. Puisse cette fertile rivalité remplacer les discordes sans cesse renaissantes, les haines implacables, les révolutions et les luttes intestines qui ont marqué les siècles écoulés. Ce serait là, l'œuvre la plus glorieuse de la science, son plus éclatant triomphe.

Les sciences géographiques ont largement payé leur tribut au progrès commun. L'Asie, l'Afrique sont parcourues dans toute leur étendue, les déserts inhospitaliers de l'Australie, les glaces de la Sibérie ou de l'Alaska, les tropiques brûlants n'arrêtent plus les explorateurs, que dis-je ! Les Européens s'y établissent en maîtres et, grâce à leur initiative, la civilisation remplacera la barbarie dans ces vastes régions.

Si beaucoup a été fait, beaucoup reste à faire. N'oublions pas que l'homme est encore à 238 miles du pôle nord, à 772 miles du pôle sud et qu'au début du xxe siècle, plus de 7 millions de miles carrés sont encore pour nous *terra ignota*. Cette lacune dans nos connaissances a suscité d'innombrables dévouements ; nombre de navires ont été perdus, nombre de nobles vies ont été sacrifiées, bien d'autres le seront encore ; et tout en ne leur marchandant pas notre légitime admiration, on se

prend à regretter, pourquoi ne pas le dire? les hommes énergiques disparus dans ces dangereuses entreprises, qui, alors même qu'elles réussiraient dans l'avenir, ne sauraient apporter des compensations suffisantes ; car toujours les terres polaires resteront inhabitables et les résultats scientifiques sont loin d'être assurés.

Ce sont les tentatives du passé, ce sont celles qui se préparent que je voudrais raconter ; ce sont ces régions où le froid règne en maître que je voudrais retracer (1).

I

« Tout le monde sait qu'il y a peu d'espoir d'arriver directement au pôle malgré les tentatives que l'on a faites, disait récemment à l'Académie des Sciences M. Faye, l'un de ses membres (2). On croit qu'il y a là une mer libre de glaces; du moins, c'est ce que le géomètre Plana s'est efforcé de montrer devant l'Académie des Sciences de Turin ; c'est ce qu'un de nos éminents confrères, M. Blanchard, a déduit de ce que nous savons de la migration régulière de certains palmipèdes qui ne sauraient vivre pendant toute une saison sur une mer éternellement congelée. »

(1) El. Kane, *Artic Expeditions, The second Grinnell Expedition in search of Sir John Franklin*, 1853-1855. — Sir Edward Belcher, *The last of Artic Explorations*, London, 1885. — Captain Mac Clintock R. N. *A Narrative of Sir J. Franklin and his companions. Voyage of the Fox.* — J. de Lanoye, *La mer polaire. Voyage de l'Erebe et de la Terreur et expéditions à la recherche de Franklin*, Paris 1878. — Marquis de Dufferin, *Lettres écrites des régions polaires*, trad Lanoye, Paris, 1860.— Hayes, *la mer libre du Pôle, Voyages de découvertes dans les mers arctiques.* —Julius Payer, *Osterreichish-Ungarische Nordpol Expedition* 1872-74, Wien, 1875. — Captain Nares R. N., *Report of the recent artic expedition*, London, 1876.— Adolphus Greely, *Dans les glaces arctiques, Relation de l'expédition américaine dans la baie de Lady Franklin*, trad. franç. Paris, 1889. — de Long, *Voyage de la Jeannette*, trad. franç. Paris, 1885. — Lieut. Dannenhover, *Narrative of the Jeannette*, New-York, 1882. — Ch. Rabot, *Explorations arctiques*. Paris, 1894.

(2) Le 4 juin 1895.

Le Dr Kane croit avoir aperçu cette mer du haut d'une éminence de 200 mètres environ d'altitude. Il voyait, dit-il, aussi loin que ses yeux pouvaient porter, les vagues libres de glaces, gonflées par un puissant roulis, se briser en écume sur une côte hérissée de récifs. A cette terre, il a donné le nom de Washington, et Haynes croit qu'elle fait partie du soulèvement granitique qui, interrompu au cap Agassiz, reparaît près du cap Forbes. Tel est aussi l'avis de Nordenskjöld ; ils s'appuient l'un et l'autre sur la dérive du *Tegethof* et de la *Jeannette*. Mais cette mer entourée au sud d'une ceinture de glaces mesurant de 50 à 100 miles de largeur ne saurait être navigable. Les vents et les courants disloquent les banquises qui se forment sur un autre point et ferment les passages reconnus les années précédentes. C'est peut-être là, ce que l'on a appelé la mer libre (1).

Un explorateur américain Peary vit vers le N.-O., du haut d'un massif montagneux du Gröenland, des terres lointaines. Pour lui, ce sont les sommets élevés du continent ou de l'archipel dont le pôle est la limite.

C'est ce continent, c'est cet océan, selon, dans l'ignorance où nous sommes, que l'on voudra le nommer, que tant de navigateurs ont cherché depuis des siècles à atteindre, au péril de leur vie, Davis en 1585, Hudson en 1607, Baffin en 1616, puis dans des temps plus rapprochés de nous, Parry, John et James Ross, Collinson, Inglefield, Mac Clure, Sir John Franklin, Greely, Nansen, le duc des Abruzzes, d'autres encore, dont les noms ne sauraient jamais être oubliés (2).

Déjà un résultat important est acquis. Dans les temps géologiques par un contraste frappant, la vie rayonnait

(1) Cf. Fielden, QUART. JOURN. GEOL. SOC. OF LONDON, t. LII, p. 721. — de Lapparent, REV. DES QUEST. SCIENT., juillet 1897.

(2) Le gouvernement anglais a fait placer au *National Portrait Gallery* dans une salle spéciale *(Artic Room)* les portraits des plus célèbres explorateurs. Ils ont donné les plus nobles exemples de courage et d'endurance.

librement jusqu'au pôle (1). Selon M. de Lapparent, l'uniformité absolue de la flore a duré, des pôles à l'équateur, pendant des siècles d'une incalculable durée, embrassant les temps primaires et la moitié des temps secondaires. Elle s'explique, continue cet éminent savant, par la non-concentration complète à ces époques primitives de la masse solaire. Plus nombreux et plus rapprochés, les rayons étaient proportionnellement moins intenses et versaient une chaleur plus égale sur tous les points du sphéroïde terrestre.

Le refroidissement graduel et progressif de l'hémisphère boréal est chaque jour mieux prouvé. De vastes dépôts houillers s'étendent de l'île Disko sur la côte occidentale du Groënland à l'île du Prince Patrick. En remontant le Mac Kensie, on rencontre un dépôt de charbon. Les troncs d'arbres qui forment les couches supérieures sont entassés dans une position horizontale, renversés sans doute par la tempête. Les lits d'argile intercalés entre des couches de lignite renferment des parcelles d'ambre, de délicates impressions de feuilles d'if, d'érable, de groseillier, de tilleul, de noisetier. La lignite ne renferme que des conifères qui auraient ainsi précédé puis remplacé dans le cours des siècles, les arbres à feuilles caduques (2). Greely a vu dans Grinnell's Land, des couches carbonifères mesurant jusqu'à 3 mètres de puissance (3), Nares des couches semblables au cap Murchison, Payer au Spitzberg et à l'île aux Ours *(Beeren Eiland)*. Au temps de la formation de ces houilles, une riche végétation forestière couvrait les terres polaires.

Nordenskjöld (4) découvrait, dès 1870, non loin de la

(1) De là sans doute, l'hypothèse assez singulière de certains savants qui plaçaient au pôle le centre de la création. Selon eux, les hommes avaient émigré vers des régions plus tempérées, à mesure que le refroidissement s'accentuait.

(2) Lanoye, *La mer polaire*, p. 290.

(3) *Dans les glaces arctiques*, trad. franc.

(4) Nordenskjöld a fait neuf expéditions arctiques. En 1878, il effectuait

baie de Disko, toute une flore crétacée formée de lycadées, de fougères, de sequoias, de peupliers, de figuiers, de tulipiers, de légumineuses arborescentes. Leurs empreintes merveilleusement conservées permettent de les classer sans difficulté (1). A l'île Banks, les extrémités des troncs et des branches se montrent en dehors de l'argile où ils sont empâtés; ils sont morts enfouis par les glaces, là où ils avaient vécu. Le grand nombre de glands, de pommes de pin que l'on retrouve, indique la croissance sur place de la forêt disparue, depuis des temps que nous ne savons pas même mesurer. Jackson a découvert au cap Flora, sur la terre François-Joseph, des fragments de roches à plantes fossiles reposant sur une masse de basalte qui, par 200 mètres de hauteur, forme un cap sur un glacier. Nathorst attribue ces débris végétaux au jurassique supérieur (2). Le miocène du Groënland renferme de nombreuses espèces de châtaignes voisines de la *castanea pumila*, et M. de Toll vient de reconnaître dans les îles de la Sibérie un gisement de plantes fossiles datant de la fin du tertiaire. A cette époque se développait sur ces terres aujourd'hui si désolées, une abondante végétation de peupliers et de conifères.

A partir du crétacé, la température ne cesse de s'abaisser. Au tertiaire la moyenne était d'environ + 12° C. et la collection rapportée par Nathorst montre à cette époque la riche végétation du Spitzberg (3). Cette végétation paraît avoir été toujours la même durant les temps écoulés entre la formation des couches tertiaires et celles pres-

le passage du N.-E., exploit sans précédent. Entrée dans la mer au sud de la Nouvelle-Zemble, la *Vega* en sortit un an après par le détroit de Bering. Nordenskjöld rentra en Suède par le Pacifique, exécutant ainsi le périple de l'ancien continent. Ch. Rabot, NATURE, 24 août 1901.

(1) O. Heer, *Flora fossilis arctica*. — *Nouv. Dict. de Géog.* t. V, *Régions arctiques*.

(2) D'autres geologues contestent cette attribution, QUART. JOUR. OF GEOL. SOC OF LONDON, t. LIII, p. 477. — GEOL., 15 fév. 1900.

(3) Nous relevons le sequioa, le frêne, le lierre, l'aubépine, le platane, la vigne.

que horizontales du plateau supérieur du Nordenskjöldberg. Il faut en conclure que les conditions climatériques ont peu varié. Plus tard encore, des arbres croissent au cap Baird à près de 82° de latitude nord et la flore arctique prise dans son ensemble comprend 762 plantes à fleurs et 965 cryptogames (1).

La faune ensevelie au milieu d'un entassement confus de cailloux, de roches, de glaces témoigne, elle aussi, d'une période de vitalité remarquable, d'un monde d'animaux aux formes variées. Sir E. Belcher a trouvé à l'île Exmouth les débris d'un ichtyosaure et M. Jackson rapportait en Angleterre une riche collection d'ammonites et de belemnites recueillis par lui sur la terre François-Joseph (2).

En nous éloignant de l'extrême nord, en étudiant des temps plus rapprochés de nous, nous arrivons aussi à la même conclusion d'un refroidissement progressif du globe. Le Groënland apparaît dans son austère magnificence. Ses larges vallées, ses profondes ravines, ses rochers sombres et dénudés, sa terrible désolation frappent singulièrement le navigateur qui y aborde pour la première fois. Bien que cette terre soit à une latitude qui ne dépasse guère celle des Shetland ou celle du nord de la Suède, l'hiver perpétuel y règne, l'herbe même n'y pousse plus, la mousse est la seule végétation, encore ne se montre-t-elle que durant une courte période de l'année. Dès le xe siècle, le Groënland, cette terre qui s'avance comme un coin entre l'Océan Atlantique à l'est et la mer de Baffin à l'ouest avait été découvert et colonisé

(1) Gunnar Anderson qui a fait une étude spéciale de la flore arctique porte le nombre des plantes à fleurs à 900 environ, 435 en Islande, 286 au Groënland, les autres au Spitzberg. POPULAR SCIENCE, october 1901.

(2) La faune de ces temps est peu connue. On comprend la difficulté des recherches au milieu des glaces éternelles. Mr Jacobson (MÉM. ACAD. DES SCIENCES DE St PETERSBOURG, t. VIII, n° 1) donne la liste de tous les insectes signalés jusqu'à ce jour dans les régions polaires; tous présentent un certain nombre de caractères communs.

par Eric le Rouge et ses vaillants compagnons. Au XIIe siècle, le Groënland était peuplé, la terre était cultivée, on n'y comptait pas moins de 250 fermes. Ces côtes aujourd'hui si inhospitalières étaient le siège de colonies prospères. Deux villes avaient été fondées avec des églises, des maisons royales et les archives du Vatican conservent les noms de dix-sept évêques antérieurs au XIVe siècle. Avec l'extension des glaces, toute cette civilisation a disparu et quand, en 1721, Hans Egède, célèbre missionnaire danois (1), visita le Groënland, il ne trouva même plus les traces des établissements de ses compatriotes ; quelques pierres tombales dans l'île Jan Mayen rappelaient seules leur souvenir (2).

L'Islande est située dans une zone plus tempérée. Cependant on n'y voit pas de végétation forestière. Jadis, d'épaisses forêts couvraient l'île ; leurs débris frappent le voyageur comme une vision du passé (3).

Ce refroidissement a gagné et gagne peut-être encore nos régions. Arago croyait que la vigne avait été cultivée en Angleterre, durant les temps historiques (4). On a

(1) Hans Egède a publié le récit de son voyage. Son livre sous le titre de *Journal tenu pendant la mission du Groënland*, a été traduit en allemand, en anglais, en hollandais. Une édition française a été publiée à Genève en 1763. Forcade de La Roquette, *Notice sur les Egède*. — M. Ch. Rabot fait connaître le régime des glaciers du Groënland, de l'Islande et de Jan Mayen *(Les variations de longueur des glaciers dans les régions arctiques et boréales)*. Dans ces régions, comme au Spitzberg et en Scandinavie, les glaciers étaient moins étendus avant le XVIIIe siècle qu'ils ne le sont aujourd'hui

(2) L'île Jan Mayen située dans l'Atlantique boréal appartient au Danemark. Elle est formée de deux massifs réunis par un isthme étroit. Sa superficie est de 415 km. carrés et les géologues la croient de formation récente. L'île est déserte, la faune comprend des renards polaires, quelques oiseaux de mer et de nombreux phoques.

(3) L'Islande était jadis habitée par une population avancée. La bibliothèque de Reykjavik sa capitale, renferme des manuscrits très anciens, notamment une Bible datant de 1066 et une autre traduite par l'evêque Thorlaksson imprimée à Hölar au nord de l'île en 1584, et ornée par l'évêque de nombreuses gravures sur bois.

(4) ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES pour 1854. On fait remonter la culture de la vigne à l'âge de bronze ; des grains de raisin ont été découverts dans les habitations lacustres de Castione (Italie).

trouvé des ceps fossiles en Belgique. Aujourd'hui, le raisin ne mûrit guère ni dans l'un ni dans l'autre de ces pays (1).

En France, la culture de la vigne s'est abaissée de près d'un degré depuis les premiers siècles de notre histoire. Au XVIIIe siècle, le citronnier et le limonnier vivaient en plein air dans le Languedoc, le dattier en Provence (2). Il serait facile de multiplier de semblables exemples. Tout montre que les glaces gagnent progressivement du terrain. Les hommes fuient un danger que leurs efforts ne peuvent conjurer et déjà tout fait prévoir que quand les temps seront arrivés, dans des milliers de siècles probablement, le Soleil aura accompli sa mission, la végétation et la vie s'arrêteront sur notre globe et la Terre, astre désormais inutile, roulera dans l'éther sans que rien rappelle sa gloire et son activité passées.

La désolation et la mort, tels sont les aspects qui pendant de longs mois, pendant des années même, se déroulent devant le navigateur abordant les mers arctiques. Tant que le Soleil est sur l'horizon, ces aspects ne manquent pas de grandeur. Les glaciers si variés comme condition et comme volume, se montrent souvent sous des formes étranges. Les jeux de lumière, les teintes admirables de la mer et de la glace apportent d'inoubliables impressions. Mais quand la nuit polaire, cette nuit de quatre mois de durée commence, rien ne saurait donner l'idée de la monotonie, de la tristesse de la vie qui attend le prisonnier dans la plus redoutable des prisons, de l'effroi qui l'étreint, quand il ne peut même plus voir les dangers qui le menacent. Tout paraît gigantesque ;

(1) Peu d'années avant sa mort, le marquis de Bute a fait en Angleterre des essais de plantation de vigne et le nom de *Vine Street* à Londres peut bien se rapporter à d'anciens souvenirs. Quelques couvents belges possèdent des vignes, mais ce sont là des exceptions qui n'infirment en rien la règle générale.

(2) Fuster, *Des changements de climat en France.*

les falaises surgissent devant lui ; elles dressent leur front noir au milieu d'un désert désolé. Çà et là, les pics brillent dans une atmosphère plus claire et percent les cieux de leur tête chenue sur laquelle sont accumulées des neiges séculaires (1). Les fleuves congelés mesurant de 40 à 50 miles de longueur sur 9 à 10 de largeur, se dirigent vers la mer et forment à leur embouchure d'étincelants icebergs. L'air est presque toujours pur et d'une admirable transparence ; la lune par moments l'inonde de sa pâle lumière, les étoiles filantes glissent à travers l'espace en l'illuminant une seconde de leur flamme légère. Kane est enthousiaste (2) : « Le firmament arctique, dit-il, a des beautés indescriptibles ; il semble plus rapproché de nos têtes ; les étoiles déploient une ampleur de rayonnement qu'on ne leur connaît pas dans nos régions et les planètes un scintillement qui déjoue les calculs des astronomes. » Mais à part ces courts moments de répit, comment vaincre la tristesse qu'engendre fatalement une atmosphère toujours chargée de brume et de frimas ? Comment dire l'angoisse qui saisit le cœur, en voyant disparaître le Soleil, ce glorieux ami des misérables ? Greely note 127 jours de ténèbres, du 14 octobre au 28 février. « Le 24 octobre, écrit Payer en 1874, la clarté du Soleil était déjà si faible, que sauf de 2 à 3 heures de l'après-midi, il fallait tenir toutes nos lampes allumées. » Quatre jours après, il ajoute : « Le Soleil nous fait ses adieux ; quelle puissante impression produit sur l'âme cette nuit polaire ! »

Le froid qui accompagne cette longue nuit est un ennemi plus redoutable encore pour les Européens peu habitués à une température aussi rigoureuse. Les souffrances qu'elle impose sont cruelles, mais les marins les supportent énergiquement ; leur santé générale se soutient

(1) Hayes, *La mer libre du pôle.*
(2) *Artic Explorations*, t. II, p. 425.

et sauf quelques faits de congélation légère ou de scorbut, les récits des expéditions arctiques ne relèvent aucun cas d'épidémie ou de maladie grave. Les indications thermométriques sont notées chaque jour, mais le mercure atteint à — 38° son point de congélation et Mac Clintock nous dit que, dans ses excursions, la température fut constamment au-dessous de ce point. Il se peut que quelques-unes de ces observations ne soient pas rigoureusement précises. La température varie selon les expositions et selon les années ; c'est donc sous certaines réserves, que nous donnons les chiffres que nous avons relevés (1). Le commandant Mac Clure dit que la moyenne du premier trimestre de l'année 1851 fut de — 30° et le minimum de — 44°. L'hiver suivant le thermomètre descendit à — 54°. Hayes parle de — 45°, Nordenskjöld de — 47,7, Payer de — 50° (2), Kane de — 58° ; le whiskey placé sur la glace était gelé en quelques minutes. L'expédition anglaise établie au fort Rae près du grand lac de l'Esclave subit un froid de — 60°. Les équipages de la *Dymphna* et de la *Varna* enfermées par les glaces dans la mer de Kara à l'est du détroit de Waygatz, virent le 23 janvier 1883, le thermomètre à — 65°. Le lieutenant Greely dans son expédition si fatalement terminée, pendant son séjour forcé à Discovery Bay, nota le thermomètre à — 66° et Inglefield cite une terrible tempête où les vagues qui recouvraient le pont de son navire, gelaient instantanément (3). La température la plus basse dont j'aie connaissance est celle

(1) M. Lauget remarque avec raison que la température d'une contrée ne tient pas seulement à la distance du pôle ; elle est aussi en rapport avec sa configuration, avec la distribution relative des terres et des mers et avec les grands mouvements dans le sein des eaux connus sous le nom de *courants*.

(2) La température fut si rigoureuse que les provisions, dit Payer, gelèrent à bord malgré toutes les précautions prises.

(3) On peut citer des exemples de froids semblables dans des villes habitées. A Pembroke dans le haut Oulaouais (Canada), on a vu le thermomètre à — 45° ; à Yakoutsk (Sibérie) la moyenne annuelle de la température oscille autour de 0° ; au mois de janvier, elle tombe à — 45°. A Werkojansk, dans la même région on a même enregistré — 55°.

signalée par le lieutenant Schwatka à la Société de Géographie de New-York. Le thermomètre descendit, dit-il, à — 71°.

Qui pourrait se refuser à une vive admiration, en voyant des hommes comme Franklin avec l'*Erebus* et le *Terror*, Belcher avec cinq vaisseaux de la marine royale, Mac Clure avec l'*Investigator*, Greely, Payer, tant d'autres dont nous aurons à raconter l'Odyssée, passer jusqu'à deux et trois hivers successifs dans ces mers maudites, en voyant des hommes de notre race supporter sans murmure des températures aussi rigoureuses, alors que l'Eskimo habitué au froid dès sa naissance ne remonte guère au delà de 78° de latitude N., que l'espadon (1) et le narval ne fréquentent plus ces mers de glace et que les oiseaux émigrent dès les premiers signes prémoniteurs de l'hiver. La faune terrestre se réduit à des ours et à des renards blancs, à quelques rares bœufs musqués (2). A ces exceptions près, le pionnier du pôle ne voit autour de lui que les ténèbres, la solitude et la mort (3).

A ces froids cruels, viennent s'ajouter les privations, les tristesses et par dessus tout, l'ennui, l'inexorable ennui. Pour les surmonter, les marins montrent un courage, une endurance, un entrain véritablement héroïques. Ils

(1) L'espadon est remarquable par sa voracité. Il poursuit avec succès les baleines et les phoques. Le Dr Eschricht affirme avoir retiré de l'estomac d'un de ces poissons treize marsouins et quatorze phoques. Il s'était étranglé en avalant sa vingt-huitième proie.

(2) Ces bœufs diminuent rapidement en nombre, sous le massacre que l'on en fait. Le gouvernement danois a pris l'initiative d'une conférence pour aviser aux moyens de les protéger.

(3) La vie reste cependant animée dans ces profondeurs de la mer dont notre siècle a entrepris la curieuse étude. La sonde dans la mer du Spitzberg a ramené d'un fond de 2620m, un crustacé aux brillantes couleurs. Sir John Ross a retiré de la mer de Baffin, à des profondeurs variant de 290m à 1960m, des annélides, des échinodermes, de petits crustacés et Nares vit à plusieurs reprises ses fauberts couverts d'astéries et d'oursins, preuve évidente de la richesse de la vie au sein des eaux. Au mois d'octobre 1895, Nansen relevait dans la mer de Kara, des étoiles de mer, des astéries, des méduses, des spongiaires, des vers, des crustacés. La variété des habitants de la mer à ces latitudes est remarquable.

sont soutenus par des occupations multipliées, par une discipline strictement maintenue, plus encore par les enivrements de la lutte contre les éléments, par l'espoir d'accomplir une grande chose, de fouler un sol que nul n'avait foulé avant eux. Ces sentiments exercent sans doute une action salutaire, mais ils seraient bien insuffisants pour faire accepter à l'homme des souffrances aussi longues et aussi dures ; il faut des pensées plus élevées, il faut l'idée de Dieu et une inébranlable confiance dans sa protection. Le 24 décembre, veille de Noël, Hayes écrit dans son journal : « Quel charme, quelle puissance magique dans ces seuls mots ! Quels heureux souvenirs ils rappellent au cœur malade, à l'esprit fatigué ! Un rayon de lumière descend sur notre pauvre navire prisonnier des ténèbres et nous parle des douces lueurs de l'aurore promise. Nous attendons celle-ci avec quelque chose de ce sentiment religieux qui anima autrefois les bergers de Judée devant la brillante étoile apparue dans le ciel. » — « Mettons notre confiance, dit Mac Clure, en Celui dont il est écrit : *Confie-toi à Lui dans ton cœur ; dans toutes tes actions rends Lui témoignage, Il dirigera tes pas.* » Écoutons encore Greely : « L'âme débordant de reconnaissance, je rends grâce à la Providence divine qui m'a sous sa garde », s'écrie-t-il, au début d'une année nouvelle dans ces régions glacées.

Le lecteur ne nous permettrait pas d'omettre les touchantes pages écrites par le commandant de l'infortunée *Jeannette*. « J'envoie à la recherche de Lee, il s'était couché sur la neige attendant la mort. Le soir, tous se réunissent pour réciter *Notre Père* et le Symbole des Apôtres. » Puis deux jours après, le cent vingt-septième de cette cruelle retraite, « Alexey (un Eskimo) est mourant, le médecin le baptise, lit la prière des agonisants ». Ce furent les derniers mots à peine lisibles écrits par de Long d'une main défaillante. Quelques heures plus tard, il n'était plus !

Les dimanches sont rigoureusement observés; à défaut de chapelain, le commandant lit l'office divin, les hommes chantent les hymnes du jour. La pensée vole vers la patrie, vers le home, vers la famille. La prière s'élève ardente, émue; elle se mêle à travers l'espace à celle des chers absents, pour demander à Celui qui peut tout, le succès de l'expédition et peut-être plus vivement encore, l'heureux retour du marin. Quand le service est terminé, les hommes n'ont comme distraction que la lecture et la promenade. Les travaux, les jeux sont sévèrement interdits. Greely s'excuse même d'autoriser quelquefois la chasse, quand le besoin de chair fraîche se fait trop durement sentir.

A la nuit sans fin, succède le jour perpétuel. Le soleil est toujours à l'horizon. La réverbération intense fatigue les yeux qui n'y sont plus habitués. On se plaint de son éclat ; l'homme est ainsi fait, il se fatigue même de son bonheur.

Avec le soleil, la vie reprend au milieu de cette nature désolée. Les oiseaux, des canards principalement, arrivent par bandes, leur nombre est immense, ils volent en formant à perte de vue des nuages épais. Nansen a reconnu parmi ces oiseaux la mouette de Ross à la poitrine d'un rose brillant (1). Le ptarmigan (2) hiverne souvent dans Grinnell's Land. Dès le mois d'avril, les harfangs viennent à leur tour ; un aigle et le goënland d'Islande les suivent de près.

La saison des amours commence. Les oiseaux bâtissent leurs nids dans les anfractuosités des rochers, sur les icebergs, sur la banquise même. Les hardis marins grimpent pour les surprendre, jusqu'au sommet de pics qui semblent inaccessibles. Leur chair, leurs œufs sont des ressources précieuses.

(1) Les mouettes nichent dans un groupe d'îles au nombre de quatre qui font partie de l'archipel François-Joseph. C'est là qu'elles s'appareillent, que leurs œufs sont couvés, que leurs petits éclosent.

(2) *Strix nyctea.*

Le froid cependant reste toujours vif ; durant les mois de mars et d'avril, le thermomètre oscille entre — 20° et — 40° ; il faut attendre le mois de juillet pour le voir au-dessus du point de congélation et marquer quelquefois jusqu'à + 10° ou + 12°. « Durant le mois de mai, dit Greely, je vis une fois seulement et cela pendant une heure, le thermomètre au-dessus de zéro ! ! ! » Et cependant dès le 4 juin, la première fleur de l'année se montrait et trois jours après paraissaient les bourgeons du saule. Les étés sont généralement secs et la végétation reprend avec une vigueur inconnue dans nos climats, comme si la nature voulait se dédommager de son long sommeil. Les mousses s'étalent sur les roches humides, sur les bois rejetés par la mer, dans les vallées abritées des redoutables vents du nord. Partout, où les rayons du soleil peuvent pénétrer, les pentes se couvrent de graminées, les individus de la même espèce se groupent ; ce n'est qu'en s'unissant que ces frêles organismes peuvent soutenir la lutte pour la vie et perpétuer leur espèce. La flore montre ses éphémères richesses ; les fleurs bleues, blanches, roses se mêlent aux pavots rouges, aux renoncules, aux anémones jaunes (1) et apportent un instant de joie au pauvre marin. Markham, président de la Société royale de Géographie de Londres, vit dans les régions arctiques des saxifrages, des gentianes, des myosotis. Nares cite une gentiane mesurant de 20 à 25 centimètres de hauteur (2), Mac Clintock des fleurs qui lui rappellent l'Écosse son pays natal. Le soleil à ce moment était éclatant, le thermomètre marquait + 8° à l'ombre; il s'élevait à + 32, quand les rayons venaient le frapper. L'oseille si précieuse contre le scorbut poussait abondamment, et les saules humbles et chétifs abritaient toutes ces plantes de leur maigre feuillage (3).

(1) *Renunculus nivalis, Papaver nudicauda.*

(2) *Voyage à la mer polaire.* Nares recueillit dans Grinnell's Land, du 80° au 83°, 69 espèces de phanérogames et 26 espèces de champignons.

(3) Le saule *(Salix Polaris)* ne s'élève qu'à quelques centimètres de

Pour prix de tant d'années d'épreuves, pour prix de ces cruelles souffrances, de celles plus terribles encore que nous allons raconter, l'homme avançait lentement vers le but si vaillamment poursuivi. Kane était arrivé au port Rensselaer à 78° 37′, Hudson dès 1607 à 80° 23′, Phipps à 80° 48′, Scoresby à 81° 12′ 42″, Hayes à 81° 35′, Payer le 12 avril 1873, à 82°, Parry le grand pionnier des régions arctiques à 82° 45′, en 1827, Nares sur l'*Alert* à 82° 48′, Aldrich à 83° 7′, Markham à 83° 20′ le 1er mai 1876. C'était au lieutenant Lockwood de l'expédition Greely que revenait l'honneur d'avoir atteint la latitude la plus élevée. Après une marche en avant dont il est difficile d'exagérer les difficultés et les dangers, il parvint à l'île Murray à 83° 19′, puis à une autre île à 83° 23′ 8″ à laquelle on donna son nom et c'était justice (1). Arrivé là, il dut revenir en arrière, après avoir planté le 12 mai 1882, le drapeau américain sur le point le plus élevé atteint jusque-là par l'homme. Mais aux jours où nous vivons, tout marche rapidement. Ce *record*, pour me servir du mot à la mode, est déjà battu. Nansen, après une tentative restée célèbre dans les fastes des expéditions polaires, arrive à 86° 14′, à 418 kilomètres du but et le capitaine Cagni de la *Stella Polare* commandée par un prince de la Maison de Savoie, à 86° 33′ battant Nansen de 35 kilomètres (2). Nous reviendrons sur ces expéditions; disons seulement ici, que Cagni était parti le 21 février 1900 et qu'il rentrait au camp le 23 juin, après 123 jours d'absence et de fatigues excessives.

terre. On rencontre de vieux troncs témoins de siècles écoulés qui mesurent jusqu'à 5 centimètres de diamètre. Partout nous lisons comme dans un livre l'abaissement progressif de la température.

(1) Durant toute cette expédition, le thermomètre oscilla entre — 53° et — 49°.

(2) de Lapparent, *Vers les Pôles*, CORRESPONDANT, 10 mars 1901.

II

Certes, les souffrances endurées par les marins captifs sur les mers polaires sont cruelles. L'incertitude de l'avenir, les dangers sans cesse renaissants s'ajoutent à toutes les préoccupations pour la patrie, pour la famille, qui agitent le cœur de l'homme. Mais quand les marins, le soir venu, rentrent à leur bord ou à la demeure établie sur la côte voisine, ils trouvent la lumière, la chaleur du foyer, des vivres en quantité suffisante, de la viande fraîche même, quand la chasse a été heureuse et c'est un cas fréquent. Tout autre est le sort de ceux qui poussent des reconnaissances en traîneau, pour mieux connaître le pays, pour s'assurer de la possibilité d'une marche en avant, ou pour établir des dépôts de vivres, en vue d'expéditions futures.

Ces excursions sont souvent marquées par des tempêtes épouvantables. Les vents soufflent du nord ou du nord-est ; ils cinglent la neige dans le visage, aveuglent les hommes, retardent la marche ; les grains les percent jusqu'aux os. Les couvertures s'imprègnent d'une humidité glaciale ; la nuit, elles peuvent à peine servir ; les feutres que l'on regardait comme d'un bon usage, se raidissent, se collent et deviennent souvent impossibles à dérouler. Les bas, les guêtres mouillés encore des marches précédentes adhèrent tellement aux bottes, qu'il faut, le soir arrivé, ou couper ces bottes, ou les garder toute la nuit pour que la chaleur du corps les assouplisse et les dégèle. L'humidité de l'haleine forme comme une frange de glaçons sur la barbe et sur les moustaches dont on ne parvient pas facilement à se débarrasser (1). Il est rare que dans ces reconnaissances, on emporte des tentes. Elles ajouteraient trop au poids à porter. Les hommes par 45°,

(1) Nares, *loc. cit.*, pp. 127, 132, 133. — Greely, *loc. cit.*, pp. 203, 268 et suiv.

par 50° au-dessous de zéro, creusent des tanières dans la neige (1) ou couchent sur la glace dans des sacs de campement doublés de fourrure et devenus rapidement aussi durs que la tôle.

La maigre pitance était cuite sur une lampe à alcool, puis chacun s'empressait de rentrer dans son sac ou dans sa tanière et d'étendre ses membres fatigués. Dans de semblables conditions, la nuit n'apporte aucun sommeil réparateur, si nécessaire cependant pour rétablir les forces défaillantes, pour reposer du surmenage effrayant de la journée. Il fallait marcher, toujours marcher ; blessé, malade, accablé de lassitude, il fallait continuer la route. Les vivres toujours parcimonieusement mesurés à raison du poids s'épuisaient ; ils s'avariaient par les cahots sans cesse renaissants sur des glaces dures et raboteuses, par l'humidité constante que nul effort ne pouvait enrayer ; ils sombraient au milieu des fondrières et dans les chocs inévitables où les plus solides se brisaient. On devait fatalement diminuer des rations déjà à peine suffisantes.

Le dégel que le soleil du printemps amenait pendant quelques heures chaque jour, était pire que le froid de l'hiver. Il fallait traverser à gué des marécages à moitié gelés, des ruisseaux qui, des moindres collines, se précipitaient en avalanches. Les neiges avaient perdu leur solidité, elles cédaient sous le poids des hommes et des traîneaux ; les glaces s'effondraient, les pionniers enfonçaient jusqu'aux genoux, jusqu'à la ceinture, ils se retiraient avec peine de ces redoutables précipices et ils en arrivaient à regretter leurs glaçons !

Il faut lire le récit d'une expédition où les marins, par un froid de 45°, parvinrent à faire une marche de 135 miles en dix jours. C'est là un chiffre extrême, obtenu dans des circonstances exceptionnelles. Bien sou-

(1) Hayes raconte que dans ces tanières le thermomètre marquait — 16° ; au dehors, il était à — 37°.

vent, la petite troupe ne couvrait qu'un ou deux miles dans la journée, tant les obstacles étaient presque insurmontables.

La marche en avant du commandant Markham, le second du capitaine Nares, est des plus dramatiques. Sur les vingt-quatre hommes sous ses ordres, huit, dont un officier, furent saisis par le froid ; on les ramena en arrière avec des difficultés inouïes ; à leur arrivée à bord, trois durent être amputés. Tous même auraient péri, si le lieutenant Parr ne s'était dévoué. Par une marche forcée de 22 heures, sans un instant de repos, il rejoint l'*Alert* et revient porter à ses camarades les vivres et les médicaments nécessaires.

C'est sous de semblables auspices, que sir G. Mac Clintock organise des expéditions qui durent 80, 100 et jusqu'à 105 jours ! On est saisi d'étonnement de ce que la frêle machine humaine peut supporter, d'admiration pour ceux qui ne reculent pas devant d'aussi redoutables épreuves. On me permettra cependant de croire que l'enthousiasme en rentrant à bord, était moins expansif que celui manifesté au départ.

Quand les hommes emportent avec eux un bateau, le poids, dit Nares, que chacun d'eux doit traîner est d'environ 200 livres, charge considérable qui aggrave singulièrement les difficultés du traînage (1). Les chiens deviennent de précieux auxiliaires. Leur instinct est étonnant, ils flairent le danger que présentent les glaces pourries ou mal consolidées et ils savent les éviter. Ils ne sont pas moins utiles dans les luttes contre les ours ou contre les loups ; ils les attaquent avec une audace et une vigueur exceptionnelles. Les navigateurs qui se dirigent aujourd'hui vers le pôle achètent toujours aux Eskimos

(1) Le lieutenant Payer du *Tegethof* avait ajouté une voile à ses traîneaux ; elle diminuait utilement la charge soit pour les hommes, soit pour les chiens.

quelques attelages (1). Nares avait embarqué 35 chiens sur l'*Alert*, 25 sur la *Discovery*, le commandant de Long 40 venant de la baie de St-Laurent sur la *Jeannette*. Dans les expéditions actuelles, celles de Baldwin ou du duc des Abruzzes par exemple, leur nombre augmente d'une façon extraordinaire (2).

Malheureusement, ces chiens supportent moins facilement que les hommes les fatigues, la marche et l'insuffisance de la nourriture ; ils succombent rapidement. Ils présentent un autre inconvénient assez grave : quand les glaces sont trop tourmentées ou trop raboteuses, quand les difficultés sont trop grandes, ils se refusent obstinément à avancer. Ni les coups, ni les encouragements ne les émeuvent, force est de les dételer. Les hommes doivent prendre leur place, hisser à bras les traîneaux au sommet de montagnes de glace, de rochers escarpés, d'isbrèdes qui, à chaque pas, arrêtent la marche. Un danger plus terrible encore menace les hardis pionniers des mers polaires : la banquise où ils ont espéré trouver un refuge provisoire, quand leur bâtiment sombrait sous l'effort des icebergs, la banquise où ils ont établi leur campement avec une sécurité relative, se brise sous l'empire de causes souvent inconnues et vogue vers la pleine mer poussée par un courant irrésistible et changeant. Hayes ainsi entraîné sur un glaçon avec sept hommes de l'*Advance* échappa à grand'peine à la mort, et ce fut au prix de mille périls qu'il put rejoindre son bâtiment.

Un steamer, le *Polaris* destiné par le gouvernement

(1) Ces troupes de chiens reconnaissent des chefs, qui règnent, comme trop souvent il advient chez les hommes, par le droit de la force. Des rivaux impatients surgissent. Il faut que les premiers défendent leur suprématie par les mêmes luttes sanglantes qui la leur avaient fait obtenir, qu'ils inspirent constamment aux vaincus une terreur salutaire. En général, ses compagnons couchent autour du chef et la sultane favorite s'étend à ses pieds. Elle jouit des mêmes privilèges que son seigneur et maître et nul ne peut s'approcher près d'eux, sans s'exposer à de cruelles morsures.

(2) *Ibidem*.

des États-Unis à une exploration scientifique de ces mers, à cette époque encore bien peu connues, quittait New-London, le dernier port américain, le 3 juillet 1871, sous les ordres du capitaine Hall, brave et loyal marin (1). Tout conspirait contre le succès de cette tentative. Si la partie matérielle laissait peu à désirer, les hommes avaient été fort mal choisis ; ils acceptaient difficilement la sévère et nécessaire discipline imposée par le capitaine. Les savants assez nombreux prétendaient diriger la marche du navire dans le seul intérêt de leurs observations. Enfin pour comble de malheur, le capitaine Hall mourait subitement, empoisonné, disent ses biographes, dans une tasse de café.

C'était un coup mortel pour les espérances conçues d'approcher plus près du pôle que les expéditions précédentes. Le *Polaris* était cerné à ce moment par les glaces au large du cap Rensselaer, et il fallait attendre le printemps et la débâcle espérée pour prendre une décision, pour marcher, si cela était possible, en avant, ou pour retourner en Amérique.

Le 16 octobre, sous un vent furieux, la glace s'ébranle et entraîne le navire ; la pression est terrible, on entend craquer les poutres et les planches. Ce bruit sinistre brise les cœurs les plus résolus. La nuit était sombre, on ne pouvait mesurer l'étendue du péril. Le mécanicien s'élance sur le pont : « Nous avons une voie d'eau, l'eau gagne les pompes. » Buddington qui avait pris le commandement à la mort de Hall, perd à son tour la tête : « Jetez tout sur la glace », s'écrie-t-il d'une voix éperdue. Couvertures, effets, instruments, ustensiles, tout est lancé dans le plus triste désordre. Tyson, l'énergique second du *Polaris*, était descendu sur la glace pour mettre un peu d'ordre au milieu de la confusion. Déjà, on avait

(1) *Artic Experiences and Captain Tyson's Ventures*, New-York, 1874. — W. de Fonvielle, *Le glaçon du Polaris*, Paris 1877. — LE TOUR DU MONDE, t. XXX, nos 766, 767, 768.

reconnu l'erreur du mécanicien et chacun s'apprêtait à regagner le bord dès le matin, si l'on pouvait donner ce nom au triste crépuscule qui dissipait à peine la nuit polaire. Mais le lendemain, le *Polaris* avait disparu entraîné par une saute de vent du sud-est et les yeux alarmés le cherchaient en vain à l'horizon. La banquise où se trouvaient Tyson et ses marins mesurait environ 6 kilomètres de tour, sur une épaisseur variant de 3 à 12 mètres; elle allait de son côté en dérive, au gré des vents et des courants. Les malheureux ainsi abandonnés ne devaient jamais revoir leur navire dans leur long parcours sur ces océans de glace, du détroit de Smith au détroit de Hudson.

Hall avait embarqué deux Eskimos pour lui servir de guides et d'interprètes. Leurs femmes, leurs enfants les avaient suivis ; le bon Hall y avait consenti, ne voulant pas séparer, disait-il, ceux que Dieu avait unis. Les Eskimos se trouvaient sur la banquise ; les Américains les regardaient de très mauvais œil et se résignaient difficilement à partager avec eux les vivres qui avaient été débarqués. Ces hommes méprisés, maltraités furent le salut de tous. Par leur merveilleuse adresse, Hans Hendrick et Joë parvinrent à nourrir leurs compagnons du produit de leur chasse et de leur pêche. Des phoques étaient le contingent le plus habituel. Leur chair est noire et coriace ; on peut cependant penser avec quelle reconnaissance, avec quelle voracité surtout, elle était reçue. La graisse servait à la cuisson des aliments et à l'éclairage durant les interminables nuits ; les boîtes de conserves, à mesure qu'elles étaient vidées, remplaçaient les lampes, les assiettes, les casseroles et les verres.

Tyson et ses marins n'étaient pas au bout de leurs peines. Le 11 mars 1872, leur île de glace est assaillie par une redoutable tempête. La banquise ballottée, broyée par des forces irrésistibles se disloque avec fracas. La brisure se fait à 20 mètres des *igloss*, les maisons de

glace que les Eskimos avaient appris aux Américains à ériger. Si cette brisure avait été plus rapprochée, tous périssaient.

Le glaçon, tout réduit qu'il était, servait encore de radeau ; il flottait plus rapidement peut-être, porté par les courants vers le sud. Les naufragés se rapprochaient insensiblement des terres habitées, mais cette consolation n'existait pas pour eux ; ils n'avaient aucun moyen de faire le point et de fixer leur position. L'indiscipline, la désobéissance, l'égoïsme brutal, les vols audacieux aggravaient encore une situation déjà si grave. L'énergie de Tyson, sa confiance dans la protection divine, le fidèle dévouement des Eskimos le soutiennent et triomphent des difficultés sans cesse renaissantes. Un moment cependant, il sent son courage défaillir. Des baleiniers passent auprès d'eux, ils ne voient pas leurs signaux de détresse, ils n'entendent ni leurs cris, ni leurs coups de fusil. Une seule fois, des cris, des coups de fusil répondent aux leurs. Hélas ! c'était l'écho qui par une douloureuse moquerie les renvoyait. Ils touchaient cependant à la délivrance. Le 29 avril, un steamer la *Négresse* paraît à l'horizon ; Hans dans un misérable kayac patiemment construit pendant cette longue navigation, parvient à l'aborder. Les quelques mots d'anglais qu'il a appris, ses gestes désespérés disent la navrante histoire. Des canots se détachent, ils arrivent au glaçon ; en quelques instants, nos malheureux sont à bord de la *Négresse* qui les ramène en Amérique. Ils étaient restés 196 jours dont 93 de nuit polaire, sur leur étrange radeau. La dérive jusqu'à la côte du Labrador où ils furent recueillis, avait été de 2780 kilomètres (1) !

(1) Les marins, au nombre de treize, restés sur le *Polaris* ne paraissent guère s'être préoccupés de leurs infortunés camarades. Ils hivernèrent sur la terre ferme en face de leur navire de nouveau enfermé dans les glaces. Le *Polaris* périt sous leurs yeux broyé par les icebergs durant une tempête. Le charpentier était resté avec eux. Grâce à lui, on parvint à construire deux chaloupes, en utilisant les débris du navire. Buddington quitta le

III

Dante dans l'*Inferno*, n'aurait pu imaginer de supplices plus cruels que ceux dont il faut poursuivre le récit. Les vaisseaux sont enfermés entre de hautes murailles de glace qui chaque jour, à chaque heure peuvent les écraser. Les efforts sont impuissants à les briser ; de fortes charges de dynamite les ébranlent à peine. D'aucun côté, les reconnaissances sans cesse renouvelées ne rapportent la mer libre, ce suprême espoir du navigateur sur les mers arctiques. Mais les vivres diminuent ; il ne faut plus hésiter à prendre un parti énergique. Il faut abandonner le navire, ce *home* de longs jours, où les rêves et les espérances ont souri au marin et soutenu son courage, l'asile, où le repos était permis, quand les icebergs n'étaient pas trop menaçants, quand des craquements sinistres n'annonçaient pas trop clairement la catastrophe finale.

Nul ne peut dépeindre l'horreur de ces retraites, d'où l'espérance même est absente. Les hommes préparent les traineaux, arment les canots, entassent les objets les plus indispensables, les vivres nécessaires pour une marche, dont nul ne peut prévoir la durée. Le signal est donné ; chacun jette un long et douloureux regard sur le vaisseau abandonné, puis se hâte de rejoindre le poste qui lui est assigné. La longue et dure retraite commence. Parmi toutes ces retraites à travers les mers de glace, celle commandée par sir John Franklin a laissé les souvenirs les plus poignants : Franklin était connu par sa capacité et son énergie ; ses découvertes antérieures dans les régions polaires avaient laissé un grand souvenir ; elles

2 juillet son campement, se dirigeant vers le sud. Il fut recueilli dans la baie de Melville par un baleinier écossais. Pas un homme parti sur le *Polaris*, à l'exception de Hall, ne manquait à l'appel. Ceux du glaçon avaient été, si je ne me trompe, les premiers revenus dans leur patrie.

justifiaient le choix de son gouvernement qui lui confiait le commandement d'une expédition destinée à se diriger vers le pôle. Muni de ses instructions, il partit de Southampton, le 26 mai 1845, avec deux vaisseaux *Erebus* et *Terror* construits pour lui dans les meilleures conditions alors connues et montés par 168 officiers, maîtres et matelots, tous hommes d'élite (1). Il écrivait aux Lords de l'Amirauté, le 12 juillet suivant, une lettre respirant la joie et la confiance (2) ; quelques semaines plus tard, les navires furent aperçus naviguant par un beau temps et une belle brise ; c'étaient les dernières nouvelles qui devaient parvenir en Europe.

A mesure que le temps s'écoulait, que les mois succédaient aux mois, une immense inquiétude s'emparait de l'Angleterre. Il fallait à tout prix aller au secours de Franklin, que l'on présumait avec trop de raison cerné par les glaces. Le gouvernement répondit largement aux vœux du pays. Pendant quatre années successives, de 1850 à 1854, il maintint des croisières dans les eaux du détroit de Bering et de Lancaster Sound ; il promit une récompense de 20 000 £ (3) au premier qui apporterait des nouvelles de Franklin. En sept ans, vingt-deux expéditions sont organisées ; plus de mille marins parcourent en tous sens les mers polaires, huit vaisseaux périssent, plus de vingt millions sont dépensés. L'Amérique joint ses efforts à ceux de l'Angleterre ; des citoyens arment à leurs frais des bâtiments. On établit des cairns sur tous les points où l'on supposait que Franklin et ses hommes pouvaient opérer leur retraite. Sous ces cairns, on dépose des vivres, des journaux, des instructions sur la route à suivre (4). Pendant plusieurs années, ces efforts, cette

(1) Ce nombre était excessif et fut une des causes de la catastrophe finale. Aujourd'hui, on réduit les hommes au chiffre strictement nécessaire.

(2) Cette lettre est datée de l'île Disko, grande île à l'est du Groënland.

(3) 500 000 francs.

(4) On eut même l'idée plus ingénieuse qu'utile, de prendre au piège des

persévérance restent sans résultat ; on était sans nouvelles certaines des marins, bien qu'on dût présumer trop clairement leur sort.

Le 29 juillet 1854 enfin, le Dr Rae mandait de Repulse-Bay au secrétaire de l'Amirauté que des Eskimos avaient vu au printemps de 1848, des hommes blancs *(Kablounas)* voyageant sur la glace dans le voisinage de King William's Land, traînant péniblement avec eux un canot. Ils paraissaient amaigris, épuisés et se dirigeaient vers le sud. Leur but probable était Ogle Point d'où ils espéraient gagner les igloss des Eskimos. C'était le salut. Malheureusement, ils étaient à bout de forces ; il ne leur restait qu'à mourir ! La débâcle des glaces apporta des preuves plus certaines encore. On découvrit vingt cadavres gisant sur la terre ferme, cinq dans une île voisine. Le drame avait trouvé son dénouement à *Starvation Cove* (1). Quelques cadavres avaient été enterrés, les premières victimes sans doute ; les autres étaient couchés sous la tente ou dans le canot que les Eskimos avaient vu (2). Quelques-uns de ces malheureux vivaient encore au printemps précédent, lors du passage des oies sauvages. A ce moment, les Eskimos entendirent des coups de fusil et des os, des plumes d'oie étaient nombreux sur le lieu de la catastrophe. C'était une faible ressource. L'état de mutilation de quelques-uns des cadavres, le contenu des chaudières encore à demi pleines montraient trop clairement à quelle nourriture les malheureux avaient été condamnés, pour prolonger leur misérable vie.

Les lettres du Dr Rae, les objets achetés aux Eskimos dont quelques-uns portaient les initiales ou les armes des

loups, des renards, des oiseaux, de leur mettre au cou des colliers avec les indications que l'on pouvait croire utiles, puis de les lâcher, dans l'espérance que quelques-uns seraient pris par les marins anglais et leur montrer que leurs amis ne les abandonnaient pas.

(1) Crique de la faim.

(2) Le capitaine Crozier qui avait pris le commandement à la mort de Franklin, était parmi eux.

officiers (1), les renseignements postérieurs obtenus par Schwatska ne pouvaient laisser un doute sur le sort des marins d'*Erebus* et de *Terror*, sur leurs souffrances, sur leur fin cruelle. Auprès du squelette couché dans le canot, on recueillait un fusil, une montre, un livre de prières, au nom du lieutenant Couch. Le livre était resté ouvert aux prières pour les agonisants. L'espoir en Dieu avait animé jusqu'au bout ces martyrs de la science et du devoir.

La certitude était acquise. Le Gouvernement anglais ne se crut plus le droit d'exposer des vies précieuses et d'encourir des dépenses considérables pour des recherches qui ne pouvaient plus aboutir. La noble veuve de Franklin qui avait prodigué sa fortune pour des expéditions entreprises à ses frais, réalisa ses dernières ressources pour une épreuve finale. Le corps de Franklin n'avait pas été trouvé à Starvation Cove et sa tendresse se refusait à accepter sa mort. Elle nolisa un steamer le *Fox* et en confia le commandement à sir John Mac Clintock, un vétéran des mers polaires. Ni les officiers, ni les maîtres, ni les matelots eux-mêmes, disons-le à leur honneur, ne voulurent accepter de paye (2). Le vœu ardent de Lady Franklin fut exaucé. Sous un cairn élevé dans l'île du roi Guillaume, on trouvait un parchemin daté du 25 avril 1848, où était retracée la triste odyssée.

Durant les deux hivers 1845 et 1846, *Erebus* et *Terror* avaient hiverné dans une baie entre l'île Reely et l'île Beechy. Sir John Franklin était mort le 11 juin 1847; 24 hommes dont 9 officiers, près du cinquième de l'effectif, étaient morts avant lui. Les équipages décimés par trois hivers passés au milieu des glaces, découragés par la mort de leur illustre chef, n'étaient plus capables des efforts héroïques qui auraient peut-être pu encore les sauver.

(1) Ces objets ont été pieusement recueillis et déposés à l'*United Service Museum* à Londres, ou à l'hôpital naval de Greenwich.

(2) Le *Fox* partit d'Aberdeen le 1er juillet 1858.

Le 7 juillet, 105 hommes sous les ordres des capitaines Crozier et Fitzjames, abandonnèrent leurs navires soudés dans une glace compacte et se dirigèrent vers le sud dans l'espérance de rencontrer les Eskimos. On sait le reste. Mac Clintock et ses officiers ont parcouru ces funèbres étapes ; à chaque pas, des reliques abandonnées attestaient le passage des victimes qui venaient s'ajouter à tant d'autres dévorées par les mers polaires.

Il serait long et fastidieux de continuer le récit des catastrophes survenues dans ces mers, de montrer les marins du *Tegethof*, au moment de périr, sauvés par des Russes, ceux de la *Jeannette* (1), réduits comme l'avaient été avant eux ceux d'*Erebus* et de *Terror* à une triste nourriture pour soutenir leur vie. Ce ne pourrait être qu'une sombre répétition de la lutte de l'homme contre une nature impitoyable, lutte où jusqu'ici il a constamment succombé. Je dirai seulement l'expédition de Greely ; les misères et les souffrances de sa petite troupe résument les misères et les souffrances du pôle.

Trop de tentatives inutiles montrent les immenses difficultés qui empêchent, qui empêcheront probablement toujours, d'atteindre le pôle par mer. Cette mer est à peine navigable pendant deux ou trois mois de l'année, puis les glaces grandissent, les icebergs se soudent, les cheneaux, les issues se ferment et le malheureux navire est enserré dans le *pack* jusqu'à la débâcle, plus souvent peut-être encore, jusqu'au jour où broyé sous des pressions terribles il disparaisse pour toujours dans l'abîme.

(1) Nous avons déjà parlé du *Tegethof*. La *Jeannette* avait été armée aux frais d'un Américain M. Gordon Benett, sous les ordres d'un officier distingué le commandant de Long qui a retracé les cruels épisodes de l'expédition. Son journal a été publié par sa veuve. Le bâtiment avait été broyé par les glaces, les marins furent répartis sur trois chaloupes que l'on était parvenu à sauver. La tempête les dispersa. Douze hommes sur quatorze qui montaient le premier bateau moururent de faim dans le Delta formé par la Léna Parmi eux, était de Long. Le deuxième bateau disparut sans laisser de traces avec tous ceux qu'il portait. Le troisième commandé par le mécanicien Melville fut sauvé par les Yakoutes. De Long, *Voyage de la Jeannette*, trad. franc. — Lieut. Danenhover, *Narrative of the Jeannette*.

Mais l'homme, et c'est sa grandeur, ne sait pas s'avouer vaincu. La mer lui est fermée, il demande à la terre la solution du problème vainement cherché depuis près de quatre siècles. Telle fut la pensée de Greely, officier distingué de l'armée américaine, tel fut le but poursuivi avec une énergie, une persévérance qu'on ne se lasse pas d'admirer.

Le *Protée*, destiné à porter les explorateurs, mit à la voile le 7 juillet 1881 ; il les débarqua sur la terre de Grinnell par 81°44′ de latitude nord. Greely se hâta de faire débarquer les bois apportés d'Amérique. Avec l'aide des charpentiers du navire, on érigea un établissement complet où régnait un confort assurément inconnu dans les régions polaires. On lui donna le nom de *Fort Conger* en l'honneur d'un sénateur, un des patrons de l'expédition.

Le 26 août, la maison était prête ; le débarquement achevé, le *Protée* partit. C'était pour Greely et ses compagnons un long adieu à la civilisation, un adieu à la vie peut-être! Des regards émus suivirent le navire, tant qu'il resta en vue, et la soirée au fort Conger fut ce jour-là triste et silencieuse.

Le *Protée* devait revenir l'année suivante, ravitailler les explorateurs et les ramener aux États-Unis, s'ils jugeaient leur mission terminée (1). Ils ne le revirent plus ; il avait coulé à pic dans sa seconde tentative pour aborder Grinnell's Land. Le capitaine d'un navire plus petit qui accompagnait le *Protée*, inquiet de l'indiscipline qui régnait parmi ses hommes, effrayé par cette navigation dangereuse à laquelle il n'était guère préparé, s'était réfugié à Upernivick, petit port sur la côte orientale du Groënland, méconnaissant son devoir et trahissant les intérêts qui lui étaient confiés. Le *Neptune* envoyé à son

(1) Greely, dans son récit (*loc. cit.*, pp. 272-273) reproduit les instructions de son gouvernement.

tour l'année suivante, à la recherche des pionniers, misérablement dirigé, ne parvint pas à retrouver le Fort Conger. Greely et ses compagnons qui ne pouvaient connaître ces péripéties, passèrent ces deux années dans les plus cruelles incertitudes.

Nous avons déjà dit leurs excursions dirigées vers l'extrême nord et le drapeau américain flottant sur le point le plus rapproché du pôle, où l'homme fût encore parvenu. En dehors de ces excursions dangereuses et épuisantes, la vie au Fort Conger était relativement confortable. La chasse apportait une large addition au garde-manger. Si les marins du *Tegethof* et de la *Jeannette*, si Jackson et Nansen tuaient de nombreux ours, dont la chair leur paraissait singulièrement succulente, les Américains ne trouvaient guère que des bœufs musqués (1). L'intérieur de Grinnell's Land conserve une maigre végétation ; elle suffit à maintenir la vie parmi ces troupeaux. Un jour, le journal de Greely porte à 2500 kilogrammes leur réserve de viande fraîche. On distribuait à chaque homme une livre de viande par jour et souvent le médecin ordonnait de larges suppléments.

Deux années s'écoulèrent ainsi ; la santé des hommes s'était remarquablement soutenue, grâce à une nourriture variée, à la chasse, aux excursions, à un travail régulier. Aucun navire ne paraissait. En vain interrogeait-on, chaque jour, l'horizon avec une anxiété croissante, nulle voile ne se montrait, nulle fumée n'annonçait le steamer si impatiemment attendu. Les vivres baissaient d'une manière inquiétante ; on pouvait prévoir le jour où ils

(1) Les bœufs musqués *(Ovibos moschatus)* vivent en troupeaux. Ceux tués au mois de juillet donnent un poids moyen de 152 kilos. A partir du mois de novembre, ils deviennent de plus en plus maigres et finissent par tomber vers le début du printemps, à 90 kilos. Le poids des ours varie entre 200 et 400 kilos, celui des phoques entre 50 et 70. Les phoques à capuchon *(Chrystophora cristata*, les *Ouziouks*, les Eskimos) sont beaucoup plus lourds. Le mammifère polaire le plus pesant est le morse. Les chasseurs de la *Jeannette* en tuèrent un qu'il fallut dépecer sur place ; il pesait 1270 kilos.

allaient complètement faire défaut. L'énergie des plus vail lants était à bout ; l'ennui, l'incertitude pesaient sur les esprits, affaiblissaient les courages. Il fallait se résoudre au départ, renoncer à la mission que l'on avait espéré accomplir.

Le 9 août 1883, officiers et soldats au nombre de vingt-sept abandonnèrent le fort Conger et se dirigèrent vers le sud comptant trouver sur les points fixés à l'avance par le secrétaire de la marine, quelques nouvelles des bâtiments envoyés à leur secours (1). Ils emportaient des vivres pour quarante jours, les instruments nécessaires aux observations, les effets les plus indispensables. Tout cela chargé sur la baleinière et sur deux canots formait avec les hommes un poids considérable que devait remorquer leur chaloupe à vapeur. Le thermomètre était au-dessous du point de congélation, et si la mer paraissait libre pendant quelques heures, vers le soir les glaces flottantes se soudaient rapidement ; il fallait les tourner par une manœuvre habile ou bien les franchir par un tirage, par un portage également pénibles et difficiles. Nos Américains firent ainsi plus de trois cents miles au milieu de périls, écrit Greely, que ceux-là seuls qui les ont traversés peuvent comprendre. Les malheureux à ce moment n'étaient qu'au début de leurs peines. Bientôt la flottille est cernée par les glaces. Ils sont prisonniers sur une banquise qui défie tous leurs efforts. Le vent et les courants sont un instant en leur faveur, ils gagnent à leur estime 22 miles ; mais le vent saute au sud-ouest, en trois heures, ils perdent l'avance gagnée en trois jours ! La neige tombe en abondance, elle atteint un pied de hauteur et ajoute singulièrement aux fatigues et aux souffrances. La banquise et son chargement vivant sont lancés sur la mer de Kane. La situation semble désespérée. La neige, le froid, la brume qui commence à se

(1) Greely, *loc. cit.*, pp. 327 et suiv.

montrer ajoutent à l'anxiété générale. Les rafales soufflent sans interruption ; le vent dont Greely porte la vitesse à 50 miles, glace les hommes jusqu'aux os. Le 25 septembre, à une heure de l'après-midi, deux gigantesques icebergs arrivent sur la banquise, l'enserrent avec tant de force qu'elle se brise en deux parties très inégales, laissant les Américains sur la plus petite, un glaçon mesurant tout au plus un hectare en superficie sur dix à douze mètres d'épaisseur.

Jusque-là l'énergie des hommes s'était maintenue à la hauteur des périls qui les menaçaient, mais à partir de ce moment, le mécontentement, l'indiscipline grandissent avec les souffrances. Les officiers eux-mêmes deviennent insolents vis-à-vis de leurs chefs ; de tous les dangers, c'était le plus cruel. Cette situation s'aggrave avec les privations ; elle arrive à un tel point que Greely, fait inouï dans les expéditions arctiques, est obligé de faire fusiller un soldat qui malgré les avertissements répétés, persistait à voler les vivres de ses camarades (1).

Au milieu de ses angoisses, Greely eut un instant d'espérance. Le courant pousse la banquise vers la terre ; les hommes se hâtent de débarquer avec leurs traîneaux, les vivres qui leur restaient encore et le petit nombre d'objets qu'ils étaient parvenus à sauver. La joie était immense ; ils avaient craint que la dérive ne les entraînât vers la baie de Baffin : c'était la mort à brève échéance ! Mais cette terre saluée avec tant d'enthousiasme ne comprenait qu'un amas de blocs granitiques amoncelés les uns sur les autres. Aucune végétation ne se montrait sur ce sol ingrat, sur cette île arrachée sans doute du continent dans un de ces fréquents cataclysmes dont les régions polaires furent si souvent les témoins. Le gibier était rare, ce que les Américains apprirent plus tard a

(1) A raison de ce fait, Greely, à son retour en Amérique, fut traduit devant un conseil de guerre. Il n'est guère besoin d'ajouter qu'il fut honorablement acquitté.

leurs dépens. On était à 400 miles du fort Conger, tout ravitaillement devenait impossible.

C'est sur cette île que les naufragés passèrent le troisième hiver qui s'écoulait depuis leur départ des États-Unis. Les provisions diminuaient, les rations diminuaient avec elles. Bientôt chaque homme ne reçut plus que 200 grammes de biscuit et 155 grammes de viande par jour. La faim était à l'état permanent; l'insomnie, l'irritation croissante qu'elle produit, amènent chez quelques-uns, de véritables accès de folie. « J'éprouvais une rage impuissante devant notre absolue impuissance », écrit Greely.

Bientôt on dut cesser toute distribution. Les crevettes arrachées du rocher deviennent la seule nourriture, on en pêchait chaque jour de 20 à 30 livres. Dans une de ces excursions de pêche, on découvre un cairn et sous ce cairn un dépôt de vivres laissé par un navire anglais pour aider aux navigateurs qui se hasarderaient sur ces mers. Ce fut une explosion de joie folle ! Tous s'offrent pour apporter au camp les vivres miraculeusement retrouvés. Ils étaient, hélas ! complètement avariés.

Ces vivres, malgré la répugnance qu'ils inspiraient, malgré leur peu de valeur nutritive, apaisent pendant quelques jours la faim. Le 11 avril, les chasseurs tuent un ours pesant près de deux cents kilogrammes, quelques jours après, un phoque. La distribution reprend à raison d'une livre de viande par tête ; les crevettes forment l'assaisonnement.

Le 3 mai, tout était épuisé. Les pêcheurs n'avaient plus la force d'aller jusqu'à la mer, les chasseurs ne parvenaient plus à joindre le gibier. Chaque jour, les morts succèdent aux morts, chaque jour, le chirurgien inscrit sur le livre du bord cette lugubre note comme suite de l'enregistrement du décès « mort de faim ». Les survivants étaient réduits à soutenir leur vie avec le lichen ou le saxifrage arrachés aux rochers. Les peaux de phoque, les

courroies, les bottes, tout était dévoré, pour tromper un instant les angoisses de la faim.

Ainsi s'ouvrait au milieu d'un morne désespoir le mois de juin si beau dans nos heureux climats, avec une température oscillant autour de zéro, avec des tempêtes de neige, des rafales incessantes. Ce devait être le mois de la délivrance. En découvrant le cairn des Anglais, les Américains avaient eu soin d'y élever un mât surmonté du drapeau national. La *Thétis* envoyée à leur recherche détacha un canot avec des vivres, des médicaments, des cordiaux. Sept hommes, sur les vingt-sept qui avaient quitté le fort Conger, vivaient encore ; la *Thétis* les ramena à New-York.

Parmi les survivants était Greely : « Nous vivons encore, parce que nous voulons vivre », telles sont les dernières lignes écrites dans son journal par l'énergique commandant de l'expédition. Ce qu'il ne dit pas et ce qu'il n'est que juste d'ajouter, c'est le courage, c'est le sang-froid, c'est l'endurance qu'il ne cesse de montrer au milieu de ces terribles épreuves. Il était soutenu, je l'ai dit, mais on ne saurait trop le répéter, par sa confiance en Dieu. Pendant cette retraite, il ne manquait jamais de lire chaque jour quelques passages de la Bible et de réciter les psaumes. Le sentiment que cette vie misérable est la préparation à une vie meilleure élevait les cœurs, soutenait les courages defaillants.

IV

La perte du *Tegethof*, les souffrances de son équipage avaient donné un mauvais renom à la terre de François-Joseph. L'exploration de M. Leigh Smith sur le steamer *Eira* est venue modifier ces impressions pessimistes. Il reconnut que les conditions de la navigation sur les mers arctiques se modifiaient sensiblement chaque année. Une

vaste étendue de mer libre occupait la place où le *Tegethof* avait été broyé par les glaces, et même au cœur de l'hiver, cette mer restait partiellement libre. La nourriture était assurée. Les ours, les phoques, les morses attendaient pour ainsi dire le chasseur (1).

Ces renseignements, d'autres non moins favorables, décidèrent un jeune Anglais, Jackson, à prendre la terre de François-Joseph pour son quartier général (2). Il prépara son expédition avec le concours de M. Harmsworth, patron aussi zélé que généreux et, le 12 juillet 1894, il quittait la Tamise sur le baleinier *Windward* affrété pour lui. A Archangel il embarque les poneys, à Haborava les chiens (3) destinés aux traîneaux et le 27 août, six semaines après son départ, il arrivait à la terre François-Joseph (4) par 79° 21′ de latitude nord. Le *Windward* jeta l'ancre dans une petite baie où il resta plusieurs mois pris dans les glaces.

A peine le navire fut-il à l'ancre, que notre explorateur hâta la construction de la maison et des dépendances nécessaires au long hivernage qu'il méditait. Il ajouta même un observatoire pour noter avec précision les observations météorologiques et astronomiques si importantes à suivre. Tous ces bâtiments, comme ceux des paysans norvégiens, étaient construits en rondins de bois d'un pied de diamètre et les interstices étaient soigneusement remplis de mousse. La maison mesurait vingt pieds carrés. Les murs, le sol étaient recouverts d'épais tapis de

(1) Leigh Smith dans sa courte expédition avait tué 34 ours et 24 morses plus dangereux que les ours.

(2) A. Montefiore, *A note on the Geography of Franz-Josef Land.* Geog. Journ., 1894, pp. 492 et suiv.; *idem*, décembre 1896. — Jackson, *The proposed polar Expedition.* Geog.-Journ., 1893, p. 360.

(3) La ration journalière d'un poney était de 6 litres de végétaux secs et de 4 litres d'avoine; celle d'un chien d'un kilogramme de viande conservée. On comptait sur les ours pour augmenter cette dernière ration.

(4) Cette terre ou plutôt cet archipel a été découvert par le bâtiment autrichien *Tegethof* commandé par le capitaine Weyprecht qui lui donna le nom de son Souverain.

fenêtre ; la grande salle avait quatre doubles fenêtres. L'éclairage, le chauffage étaient des mieux entendus. Des tables, des casiers chargés de cartes, de gravures, de photographies, de livres surtout, attestaient le confort anglais transporté dans ces régions glacées et fournissaient un aliment à l'esprit, durant les sombres nuits du pôle. Deux fois le *Windward* vint ravitailler les explorateurs, leur amenant jusqu'à des moutons vivants et des attelages de rennes. Leurs amis ne les oubliaient pas. « We have been housed in comfort and lived in luxury », écrit le Dr Armitage, un des compagnons de Jackson (1).

Les résultats de cette expédition dont le luxe contrastait singulièrement avec les souffrances que nous avons dites, ne semblent pas avoir répondu aux espérances qu'elle avait fait naître. Jackson par de nombreuses excursions a mieux fait connaître la topographie de François-Joseph. Cette terre que l'on croyait un continent est un archipel formé d'une multitude d'îles et Jackson a pu dresser une carte à peu près exacte des îles du groupe nord et du groupe ouest jusqu'aux caps nommés par lui *Mary Harmsworth* et *Fridjtof Nansen* Ces îles paraissent inabordables, entourées qu'elles sont d'icebergs et de glaciers mesurant de 30 à 80 pieds de hauteur, percés çà et là d'immenses pics basaltiques, dont les neiges n'ont pu encore atteindre le sommet. Mais le principal succès obtenu par lui est le nombre d'ours et de morses qu'il a tués (2). Les ours fort intrigués des lumières qu'ils voyaient dans la maison venaient en nombre la visiter. Un jour, Jackson vit une ourse amenant ses deux petits comme pour leur montrer cette exhibition étrange. Ils

(1) Chaque semaine, chacun prenait un bain chaud et chaque matin un bain froid, cette institution si éminemment anglaise.

(2) Dans une année il tuait facilement 80 ours et leur sang rapidement congelé devenait dur comme la glace, se conservait longtemps et fournissait d'excellentes soupes. Au printemps, les oiseaux étaient nombreux et dans une seule saison, 1200 *loons (Columbidæ)* furent les victimes de Jackson.

se contentaient de frotter leur museau contre les fenêtres et ne cherchaient même pas à briser les carreaux avec leurs pattes. A moins d'être affamés ou blessés, ils attaquent rarement l'homme. Jackson parle d'une de ces rencontres avec un ours, rencontre où il courut de grands risques et dont il ne sortit vainqueur que grâce à sa vaillance et à sa présence d'esprit. « Je rentrais, dit-il, à cinq heures du matin après une chasse infructueuse. J'allais me coucher, lorsque j'entendis les aboiements furieux de mes chiens. Ils étaient à une petite distance sur les bords d'un fjord aux prises avec un ours de grande taille qui poussait des rugissements formidables. Je me hâtai de les rejoindre ; d'un coup de fusil, je blessai l'animal, le sang était visible sur sa fourrure blanche. Il s'empressa de sauter à l'eau pour échapper à un danger dont il ne se rendait pas bien compte. Les chiens sans crainte le poursuivirent et il sortit de l'eau pour les repousser. Il fallait m'assurer de ce gibier que je regardais déjà comme à moi. Je n'avais malheureusement plus qu'une cartouche, ayant épuisé les autres dans la chasse de la nuit. Pour être sûr de mon coup, je m'avançai jusqu'à 6 ou 7 mètres de lui. Dès qu'il vit ce nouvel ennemi, il se dressa subitement sur ses pieds, et d'un vigoureux élan il s'élança sur moi, en poussant un long rugissement ; mon coup partait à ce moment même, et la balle passa entre ses jambes. En une seconde, il fut sur moi, je sentais son haleine sur mon visage, ses pattes cherchaient à m'étreindre, sa gueule était ouverte ; il n'y avait pas un instant à perdre, je lui enfonçai mon fusil dans la gueule jusqu'à la crosse et je le poussai avec une force que doublait le danger. Je m'apprêtais à recommencer, lorsque l'ours, découragé par cette réception un peu brutale, se sauva de nouveau dans l'eau où, désarmé comme je l'étais, je ne pouvais plus le suivre (1). »

(1) Le canon du fusil et la main de Jackson conservèrent les traces de cette rencontre corps à corps.

Un fait plus sérieux reste à l'actif de Jackson; c'est à lui, comme nous le verrons, que Nansen dut son salut. Sa conclusion est que la possibilité d'arriver au pôle par la seule voie de terre n'est pas à tenter ; toutes les cartes dressées jusqu'à présent sont inexactes. Ni la terre du Roi Oscar, ni probablement Petermann's Land n'existent et il semble même certain qu'aucune terre ne se rencontre au N.-O. de François-Joseph. Du haut d'un cap où nos explorateurs étaient parvenus, ils apercevaient de tous les côtés, dit Jackson, aussi loin que leurs télescopes pouvaient porter, une mer immense, sans limites que nul ne connaissait encore et à laquelle, en loyal anglais, Jackson donna le nom de *Queen Victoria Sea.*

Toutes les données du problème pour l'approche du pôle par la terre François-Joseph, sont donc aujourd'hui changées ; il faut les reprendre sur des bases nouvelles. Jackson ne désespère pas du résultat final, car il prétend renouveler sa tentative. On lui doit, il convient de l'ajouter, d'importantes découvertes paléontologiques et zoologiques, celles-ci principalement dans le monde des poissons. Toute pêche est difficile à ces latitudes, il fallait, pour réussir, se servir d'un moyen passablement original. On épie les oiseaux, on tire sur eux au moment où ils s'élèvent dans les airs, un poisson dans leur bec. La capture est double.

Il serait impossible de dire les tentatives récentes pour atteindre le pôle sans citer Peary, jeune officier de la marine américaine. Ses cruelles souffrances, son énergie, sa puissance de résistance méritent plus qu'une simple note. De 1886 à 1897, il avait fait sept expéditions et il avait reconnu que le Groënland était une île. Il prétendait plus encore et c'est en partant du Groënland qu'il espérait gagner le pôle. Des souscriptions particulières toujours généreuses en Amérique, couvraient les frais de ces diverses expéditions.

Sans entreprendre un trop long récit, nous choisirons

parmi ses expéditions un épisode, le plus émotionnant de de tous peut-être, qui le fera mieux connaître. Peary avait hiverné à Inglefield Bay ; il en partit au printemps de 1893, pour traverser l'*Inlandsis* (1) et gagner de là, la côte orientale du Groënland. Il était parvenu à une distance de 500 miles environ et à une altitude de 3000 mètres, lorsque, vers le milieu d'avril, de terribles tempêtes du nord-est accompagnées de froids variant de — 30° à — 45°, le contraignirent à s'arrêter. Jugeant le succès compromis, par la rapide diminution des vivres, il se décida à retourner sur ses pas, laissant de distance en distance des dépôts destinés à l'expédition nouvelle qu'il projetait déjà.

La plupart de ses compagnons moins énergiques que lui l'abandonnèrent ; il contraignit sa femme qui jusques-là l'avait accompagné avec une vaillance infatigable et le plus admirable dévouement, à retourner en Amérique (2) et il se mit en route avec un ami M. Lee, son fidèle domestique nègre Mathieu Henson et 41 chiens parfaitement dressés au traîneau. Les explorateurs se dirigèrent vers le nord-est où étaient leurs dépôts, ils ne purent en retrouver qu'un seul, le moins important de tous. Le mat planté par eux à 8 pieds au-dessus du sol émergeait à peine à 8 pouces au-dessus de la neige qui le recouvrait. Cette neige continuait à tomber ; quelques jours de plus, ce dépôt comme les autres, eût été complètement submergé. Peary avait commis une grande imprudence en n'indiquant pas avec plus de soin ses points de repère.

La marche en avant ne fut qu'une longue suite de difficultés et de souffrances. Les chiens résistaient moins que les hommes, ils mouraient successivement. A des altitudes

(1) Nom donné à l'intérieur du Groënland. Peary, *Northward*, 2 vol. in-8.

(2) Mrs Peary fut d'un immense secours pour son mari par une intrépidité au moins égale à la sienne. Elle accoucha d'une fille dans le cercle arctique. C'est le premier exemple d'un enfant de race blanche né dans ces régions; il sera probablement le dernier.

de près de 3000 mètres, les hommes n'éprouvaient que quelques légers troubles de circulation ; mais les vivres s'épuisaient, les traîneaux se brisaient dans les fondrières, roulaient dans les précipices. Chaque arrêt était un retard dans la marche, et chaque retard aggravait le danger. Bientôt les traîneaux ne purent plus être raccommodés ; il fallut envelopper les chargements dans des peaux ; les chiens les traînaient péniblement et souvent les hommes devaient les relayer. Sans céder au découragement, nos hardis pionniers espéraient toujours arriver au but. Les tourmentes incessantes de neige étaient un obstacle de plus ; pendant six jours, Peary et Henson partis en reconnaissance furent bloqués par cette neige, elle s'élevait à six pieds autour d'eux, on peut juger ce que pouvait être la marche en avant dans de telles conditions. Les chiens survivants faiblissaient à vue d'œil. Lee, resté avec eux pendant l'absence de ses compagnons, devait les nourrir avec la viande des plus malingres et des moins résistants. Je ne sais pas de situation plus cruelle que celle de Lee. Seul, au milieu de ces solitudes, où l'œil aussi loin qu'il pouvait porter, n'apercevait que la glace et la neige, seul, avec des chiens affamés, dans une poignante incertitude sur le sort de Peary, ignorant même s'il pourrait le rejoindre et s'il n'était pas destiné à une solitaire agonie.

Dès la cessation de la tempête, Peary et son fidèle Henson avaient repris leur course aventureuse. Ils marchaient sans repos et sans trêve, à la recherche des bœufs musqués, *ultima spes !* la dernière espérance. Pendant trois jours, leur unique nourriture fut un lièvre qu'ils parvinrent à tuer. Ils tombèrent enfin sur le troupeau dont ils suivaient les traces. Les bovidés paissaient tranquillement, grattant la neige avec leurs pieds. En un instant, un taureau, cinq vaches, quatre veaux tombent sous leurs décharges répétées. C'était le salut. Leur courage se retrempe, il n'est plus d'hésitation, ils rejoignent Lee et tous réunis, ils se dirigent vers Independence Bay,

à travers les glaciers aux larges crevasses, les gorges semées de précipices qui épouvantaient les plus hardis, les boulders qui arrêtaient la marche ; au bout de quatre jours de route, nos explorateurs entièrement épuisés durent renoncer à leurs projets.

Quelques jours après, ils arrivaient au camp ; un seul chien était encore vivant, les hommes avaient les jambes, les pieds enflés, de violentes palpitations, une diarrhée persistante. Leur maigreur attestait leurs souffrances ; la nature surmenée reprenait ses droits et il s'en fallait de peu que trois victimes de plus ne fussent ajoutées au long martyrologe des pionniers du pôle.

Peary n'était pas un homme à reculer, M. Harmsworth ayant mis à sa disposition le *Windward* (1) il se hâta de retourner vers ces mers qui exerçaient sur lui la plus étrange fascination. L'expédition après une navigation heureuse, hiverna dans la baie d'Allman (East Grinnell's Land). Dès que le bâtiment fut en sécurité, Peary s'avança vers le nord, organisa des dépôts de vivres de 40 en 40 miles et arriva au Fort Conger. La maison de Greely était intacte ; rien n'avait été touché. Les restes du dernier repas gisaient sur la table, à côté de nombreuses notes de Greely et du sextant de Beaumont, un des lieutenants de Nares (2). Atteint peu de temps après par une furieuse tempête de neige, Peary dut se réfugier dans la cavité d'un iceberg, le froid était intense, il eut les pieds gelés et au retour, on dut lui amputer sept doigts. Cette opération l'obligea à se borner pour l'année à de courtes explorations dans Ellesmere et Grinnell's Land ; dans une de ces explorations, il se brise la jambe. Décidément, la mauvaise chance le poursuivait et il aurait dû laisser à de plus jeunes le soin d'assurer et de continuer ses découvertes. Nullement découragé, il prétend ne pas laisser

(1) Le même navire qui avait conduit Jackson à la terre François-Joseph et l'avait ramené en Angleterre.

(2) Ces objets ont été envoyés à l'*Artic Club* de New-York.

à d'autres l'honneur du succès. Mais un obstacle se dresse, les journaux américains nous apprennent que les souscripteurs qui ont si généreusement répondu à ses appels se refusent à continuer plus longtemps.

Au mois d'août dernier, Peary était encore dans les régions polaires, où sa femme et sa fille l'avaient rejoint. Il prétend, dit une lettre de lui, tenter un nouvel effort, décidé à lutter jusqu'au bout (1).

V

L'incontestable énergie de Fridjtof Nansen, la mise en scène de son expédition très habilement préparée, sa dramatique rencontre avec Jackson, peut-être aussi ses opinions avancées, si à la mode aujourd'hui, ont contribué à le placer sur un piédestal plus élevé que les autres pionniers du pôle. Ni sa vaillance, ni ses souffrances n'ont dépassé les leurs et quand il publiait le récit de son expédition *Farthest North* (2), déjà le titre n'était plus de

(1) Que dire de l'audacieuse tentative d'Andrée pour arriver au pôle en ballon ? Et cependant comment ne pas mentionner sa fin fatale bien que les cruelles péripéties qui l'ont sûrement accompagnée, restent et resteront toujours inconnues. M. de Lapparent écrivait dans le CORRESPONDANT (25 avril 1897), que le projet était inexécutable. « Il n'est pas possible, disait-il, d'aborder le pôle, avant que la nuit hivernale n'ait pris fin. Ce n'est donc qu'au mois de mars que le ballon peut songer à s'élever. Mais juste à ce moment, les vents jusqu'alors très constants deviennent incertains et tendent même à souffler en sens inverse. Toute tentative de ce genre a donc contre elle, en ce qui concerne la direction des vents, les chances les plus défavorables. Un merveilleux hasard pourrait seul la faire réussir. »

D'aussi sages conseils n'ont pas prévalu. Andrée est parti avec deux compagnons au mois d'août 1896. Le correspondant du BERLIN LOKAL ANZEIGER, qui assistait au départ, dit que les circonstances étaient peu favorables. Ce sont les dernières nouvelles sérieuses que l'on possède : les recherches, les expéditions entreprises pour retrouver ses traces sont restées sans résultat. Sa mort est trop certaine. Sa mère seule ne veut pas l'accepter et par une pensée touchante, chaque jour elle prépare la chambre de son fils et la pare de fleurs nouvelles, pour un retour qu'elle attend avec confiance.

(2) 2 vol. in-8°. Londres, 1898.

mise, et le Capitaine Cagni était arrivé plus près que lui du pôle.

Toute l'expédition de Nansen était fondée sur l'hypothèse d'une mer polaire libre. Un fait curieux venait à l'appui de cette hypothèse. La *Jeannette* avait sombré le 12 juin 1881, au nord des îles de la Sibérie par 77°15′ de latitude. Ses débris, des objets divers provenant du naufrage avaient été recueillis 1100 jours après la perte du navire, sur la côte S.-O. du Groënland, ayant ainsi, dit Nansen, parcouru 2900 milles géographiques. Ils n'avaient pu faire ce long trajet que portés par les courants ou par les glaces sur une mer libre (1). D'autres faits étaient venus corroborer ceux fournis par la *Jeannette*. Nansen espérait donc qu'un vaisseau assez solidement construit pour résister aux terribles pressions dont tant de navires avaient été les victimes, poussé par les courants et les vents du sud, pourrait se frayer un passage et aborder sur les côtes de Groënland. Mais si des pièces de bois avaient pu faire un semblable trajet, on n'en saurait conclure qu'un vaisseau pût les suivre. Nansen l'avait prévu et arrivé au point extrême où la navigation était possible, il voulait sur un traîneau, aidé par ses vaillants chiens eskimos, tenter de résoudre le problème.

Le *Fram* construit sur un plan spécial soigneusement étudié par Nansen partit le 24 juin 1893. Un mois après (le 28 juillet), par le travers de la Nouvelle-Zemble, il rencontrait les premiers glaçons ; déjà, il avait fait connaissance avec les brumes épaisses qui ralentissent la navigation et sont souvent la cause de sérieux dangers ; les glaces augmentaient chaque jour d'importance, la température s'abaissait et, le 26 octobre, la nuit polaire commençait !

Je ne répèterai pas les tristesses de cette navigation, à laquelle une nuit de plus de quatre mois ajoutait une

(1) NATUREN, 1890.

tristesse de plus. Le froid s'aggrave ; à l'horizon, toujours et partout des montagnes de glace, des hummocks, des icebergs dont les formes seules varient. Toute vie est éteinte. Quelques ours poussés par la faim, viennent seuls, de temps à autre, interrompre la monotonie de la journée, et à bord, les chiens se livrent de féroces combats où les plus faibles succombent et sont rapidement dévorés.

Souvent, Nansen lui-même cède au découragement (1). Il voyait en quelques heures, les vents du nord détruire les progrès obtenus par des jours, des semaines d'un laborieux travail. C'est dans un de ces moments de découragement qu'il écrit dans son journal cette phrase bien caractéristique : « I suppose the desire to reach the North Pole is only a piece of vanity ». A d'autres moments, il accepte avec plus de philosophie, la situation : « Je lis, dit-il, les souffrances terribles des premiers explorateurs des mers polaires et j'éprouve un profond sentiment de mépris pour nous qui sommes là étendus sur des sofas, chaudement et confortablement établis, lisant, écrivant, fumant, tandis que la tempête fait rage autour de nous et que la mer est une immense masse de neige en mouvement ».

Nansen avait mis ses hommes, dont plusieurs étaient des savants distingués, sur un pied de complète égalité. Il prenait lui-même sa part de tous les travaux, de toutes les corvées du bord. Dans les moments de repos, la lecture que favorisait une bibliothèque choisie, les jeux divers, les cartes, le whist, l'halma, la danse même apportaient de courtes distractions. La science avait son temps. On poursuivait les recherches déjà faites sur la faune et sur la flore, et Nansen nous dit que la température de la mer polaire est à peu près constante jusqu'à une profondeur d'environ deux mille mètres. A une profondeur plus grande, elle remonte, ce qui tend à prouver que le *Gulf*

(1) *Farthest North*, t, I, pp. 242, 259, 262, 356 et passim.

Stream arrive de l'Atlantique et détermine un courant plus chaud.

Le *Fram* était éclairé à la lumière électrique produite par une dynamo mise en marche par un moulin à vent. Une lampe à arc était suspendue au plafond de la salle commune. Pour la première fois depuis la création, sa lumière claire et brillante, admirable conquête de l'homme, se reflétait sur les glaces polaires.

La nourriture était bonne et abondante; chaque anniversaire, et ils étaient nombreux, se célébrait par des repas fort appétissants, dont Nansen prend soin de conserver les menus. A ce régime les hommes, que l'on pesait chaque mois, engraissaient à vue d'œil et ne prenaient guère part aux préoccupations de leur chef.

Les mois, les années s'écoulaient ainsi. Nansen reconnaissait mieux chaque jour, que le but rêvé ne pouvait être atteint par le *Fram* et que c'était par terre qu'il fallait l'aborder. Depuis des mois, il méditait cette solution dangereuse et difficile et il avait choisi pour l'accompagner un jeune officier de l'armée norvégienne Johansen, dont l'énergie et le dévouement lui inspiraient toute confiance.

Le 14 mars 1895 (1), Nansen et Johansen quittent le *Fram* pour se lancer dans le plus redoutable des inconnus. Ils emmenaient 28 chiens, les provisions, les bagages indispensables; avec leur tente, les légers kayacs qu'ils avaient confectionnés, le poids total atteignait 2500 kilos. Le danger que bravaient nos deux intrépides Norvégiens était des plus inquiétants. Il faut lire les pages émues écrites par Nansen, pour bien s'en rendre compte. Il expie durement dit-il, ce qu'il appelle le confort de sa vie à bord et il n'avait plus rien à envier aux pionniers, ses devanciers.

Le thermomètre variait entre — 30° et — 43°. La glace devenait chaque jour plus raboteuse, plus impraticable

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 14.

au traînage. Le projet de Nansen était de marcher pendant 50 jours vers le nord, les vivres pour les hommes et pour les chiens avaient été calculés pour cette durée; mais dès le 8 avril, moins d'un mois depuis son départ du *Fram*, il dut reconnaître que la marche en avant était impossible et que le retour vers des régions habitables s'imposait. Il était à ce moment à 86° 10′ 32″, ou suivant un calcul rectifié à 86° 13′ 16″ de latitude nord (1).

Il fallait atteindre la terre ou plutôt l'archipel de François-Joseph. « Oh! I long for it », écrit Nansen avec angoisse. Mais rien ne venait révéler son existence et c'est le 24 juillet seulement, que leurs kayacs les déposent sur cette terre si ardemment désirée. Ils surent seulement bien plus tard, qu'ils étaient sur l'île du Prince Rodolphe. Au mois de septembre, la marche n'était plus possible; ils se décidèrent à hiverner et à construire une demeure à demi souterraine. Un bâton avec une pointe en fer leur sert de pic, l'omoplate d'un morse, de pelle, les pierres arrachées à la montagne voisine deviennent des murs; une pièce de bois rejetée par la mer la toiture; les peaux de morse remplacent la couverture et les portes; les peaux d'ours sont les lits et complètent le mobilier.

Les vivres emportés du *Fram*, étaient en grande partie consommés, les chiens presque tous sacrifiés, les uns parce qu'ils étaient trop malingres et trop fatigués, les autres parce qu'il fallait manger! Le dernier léchait la main de Johansen, au moment où ce dernier s'apprêtait à lui plonger un couteau dans le cœur. Dans l'île où la fortune les avait jetés, les vivres ne manquaient plus. Onze ours, plusieurs morses s'amoncelaient en quelques jours, autour de leur demeure. Les morses d'un poids très considérable étaient autrement dangereux que les ours. Vingt fois les Norvégiens avaient failli être leurs victimes; non seulement ils cherchaient à broyer leurs kayacs, mais ils plon-

(1) M. de Lapparent dit même 86°14′.

geaient dans la mer et recommençaient l'attaque sur la quille, s'efforçant de les submerger. L'intelligence heureusement l'emportait sur la force brutale.

Au mois d'octobre, la nuit arrivait avec le silence perpétuel interrompu seulement par de terribles sautes de vent et d'aveuglantes rafales de neige. La pensée même s'éteignait et nos pionniers en étaient arrivés à dormir 20 heures sur 24. Chacun faisait la cuisine à son tour et nettoyait la demeure, leur *den*, comme ils l'appelaient. Leur menu se composait invariablement d'une soupe à l'ours le matin, de tranches d'ours grillées le soir. Ils s'éclairaient et se chauffaient avec la graisse de morse. Au début de la nuit polaire, les ours et les morses avaient disparu. Seuls les renards rôdaient autour d'eux, volant tout ce qu'ils trouvaient. Un jour un thermomètre disparut; malgré leurs recherches, les Norvégiens ne purent retrouver que l'étui soigneusement enterré dans la neige. Ces renards, ils n'osaient les tirer, dans la crainte d'user sans grande utilité, leurs précieuses munitions.

Le 19 mai, Nansen et Johansen reprennent leur marche pour ce qui devait être leur dernière étape, attelés à des traîneaux, auxquels ils avaient attaché des voiles qui allégeaient le poids et facilitaient la traction.

Les péripéties ne manquent pas. Un jour, Nansen tombe dans un trou et disparaît sous la glace, d'où il ne se retire qu'avec des difficultés inouïes. Deux fois les morses attaquent son kayac ; il était heureusement près d'une crique, il put aborder et réparer la déchirure que le kayac avait subie. Il tue deux jeunes morses, la mère les saisit et disparaît avec eux dans les flots lui enlevant sous ses yeux, un gibier dont il avait grand besoin. Les canots imprudemment abandonnés vont à la dérive, il faut se jeter dans l'eau glacée pour les rattraper. Chaque jour est marqué par quelque désastre. Un des plus graves fut l'arrêt de leurs montres qui leur interdisait de calculer la longitude et de savoir même approximativement le

point où ils se trouvaient. Les vivres, cette préoccupation incessante des explorateurs, baissaient. « If we do not soon reach open sea again, écrit Nansen, where there may be game to be had, things will not look very pleasant. »

Heureusement, tout allait bientôt changer. Le 20 juin, Nansen avait entendu un coup de fusil, il avait rejeté cette pensée comme une hallucination de son esprit malade. Le lendemain, au moment où il versait dans la soupe qu'il préparait, leur dernier reste de farine, l'aboiement d'un chien se fait entendre dans le lointain ; il se répète clair et distinct. Cette fois, le doute n'était plus possible. Nansen se hâte de répondre par un coup de fusil, puis il se précipite dans une course folle à travers les glaçons, les fondrières dans la direction où le chien s'était fait entendre, un homme se dirigeait vers lui. C'était Jackson. Il faut renoncer à décrire ce qu'éprouvèrent les Norvégiens. La veille, ils se voyaient condamnés à la mort la plus cruelle, la mort par la faim ; non seulement, le gibier se faisait rare, mais fait plus grave encore, les munitions tiraient à leur fin, et le lendemain, ils étaient reçus avec l'hospitalité la plus dévouée et entourés de tout le confort anglais !

Nansen était noir comme un charbonnier, ses vêtements étaient une masse de graisse, ses cheveux, sa barbe incultes, toute sa personne portait la trace de ses dures souffrances. Jackson s'empresse de donner un bain, des habits à ses hôtes ; puis un dîner réunit tous les habitants d'Elmwood, un rôti de gibier, des pois verts, d'autres légumes, des gâteaux, du fromage, des fruits ; pour boisson, du porto, du sherry, du whiskey, pour finir une bonne pipe. Des toasts nombreux et enthousiastes terminèrent la journée. Qui donc aurait pu se croire dans les régions arctiques ?

Nansen et Johansen restèrent à Elmwood jusqu'au 26 juillet, où le *Windward* les prit à son bord pour les

rapatrier. Le 12 août, ils débarquèrent en Norvège salués par de vives acclamations. En Jackson, notre Norvégien avait trouvé le rival le plus généreux. « He has made, écrivait-il à M. Harmsworth, a most extraordinary journey which in daring is in my opinion absolutely unequalled in the annals of discovery either in the arctic or other regions (1). »

Le *Fram* dont il faut aussi parler, avait répondu aux espérances de Nansen. Par la solidité de sa construction, par sa forme, il avait pu résister aux pressions des icebergs et le 16 octobre, poussé par les vents et les courants favorables, il atteignit 85° 57′ N. C'était presque la latitude où Nansen était arrivé au prix de cruelles souffrances, elle aurait pu être dépassée. Mais à ce moment, le courant prit une autre direction et ce fut le 13 août seulement, par une curieuse coïncidence, le jour même, où Nansen et Johansen débarquaient à Vardö, que l'on put à force de dynamite et de fortes charges de poudre dégager le navire de sa rude cuirasse. Dès lors, continue Sverdrup, la mer libre était devant nous et le 21 août, nous étions à Skerjvö où nous apprenions avec joie que nos camarades nous avaient précédés (2).

Il reste à dire quelques mots de l'expédition du duc des Abruzzes, le neveu du roi Humbert (3). Le Prince était connu par l'ascension du Mont St Élie dans l'Alaska que nul n'avait osé tenter avant lui. Sa nature énergique ne reculait devant aucun danger. Sir Clement Markham disait au mois de novembre 1900, à la Société de Géographie de Londres : « Le grand événement géographique de

(1) Nansen a fait l'expédition la plus extraordinaire qui, en vaillance, est dans mon opinion absolument sans parallèle, soit dans les régions arctiques, soit dans toute autre.

(2) Conversation avec Sverdrup, rapportée par la St-James Gazette. Ajoutons que la température la plus froide que les marins du *Fram* eurent à subir, fut le 15 janvier 1896, où le thermomètre descendit à — 52°.

(3) *Spedizione Italiana nel mare artico sulla Stella Polare. Conferenza di S. A. R. il Duca degli Abruzzi*, Roma, 14 gennaio 1901. — de Lapparent, *Vers les Pôles*, Correspondant, 10 mars 1901.

l'année est le retour du duc des Abruzzes. S. A. R. a eu le mérite d'organiser son expédition arctique jusque dans les plus petits détails ; il a déterminé les limites boréales de la terre François-Joseph ; il a confirmé l'existence déjà annoncée par Nansen d'une mer profonde à l'extrême nord et le capitaine Cagni, son aide de camp, a dépassé la limite la plus haute qu'il avait été donné jusqu'ici à l'homme d'atteindre ».

Au prix de quelles souffrances, ces résultats ont-ils été obtenus ? C'est ce qu'il faut raconter.

Le 12 juin 1899, le Prince quitte Christiania sur la baleinière *Jason* rebaptisée la *Stella Polare*. Elle avait été consolidée, mais, et la suite le fit trop voir, elle était incapable de résister à la pression des glaces. A Archangel, il embarque 120 chiens eskimos réunis pour son expédition. Il faut lire les éloges qu'il fait de ces fidèles animaux se nourrissant d'un peu de pemmican (1), buvant de la neige et traînant des charges énormes. Quand on campait sur la glace, on les trouvait souvent le matin, à moitié ensevelis sous la neige ou attachés par la queue à un glaçon, d'où il fallait de longs efforts pour les dégager. Sans ces chiens, ajoute le Prince, rien ne serait possible.

La *Stella* arrive au Cap Flora. La maison de Jackson était intacte ; sur la table se trouvaient des paquets de lettres adressées à Andrée dont j'ai dit la fin lamentable ; pour les marins italiens, plus superstitieux encore que les nôtres, c'était un mauvais pronostic.

Ce pronostic devait bientôt se réaliser. La *Stella* était à l'ancre dans la baie de Tepritz (île du Prince Rodolphe), lorsqu'à la suite d'une formidable pression des glaces, une voie d'eau se déclare et le vaisseau est au moment de sombrer. Les chiens furent débarqués, puis les vivres, les instruments, les vêtements, le charbon, les mille objets

(1) Mélange de viande séchée et de farine.

indispensables et on se prépara à un long hivernage. Grâce au travail et à l'énergie des charpentiers et des mécaniciens, la *Stella* put être réparée tant bien que mal, et quoiqu'elle n'offrît plus qu'une faible sécurité, on put espérer qu'elle suffirait à ramener les Italiens en Europe ; mais on ne pouvait plus compter sur elle pour marcher au pôle.

Le froid était vif et l'habitation sous les tentes construites avec les voiles du navire le rendait plus dur encore. Bien qu'on s'efforçât de les chauffer au moyen du pétrole, la moyenne de la température ne s'élevait guère au-dessus de — 7° et au réveil, les matelots trouvaient généralement leurs bottes gelées.

Pour se préparer à la grande expédition, pour pénétrer plus avant, si cela était possible, dans les régions du nord, l'unique moyen désormais, était de continuer avec des traîneaux. A mesure que les jours s'allongeaient, on essayait des excursions autour du camp, puis peu à peu à des distances plus éloignées. Dans une de ces excursions, le traîneau du duc versa, il resta assez longtemps sous la neige et quand on put le dégager, il avait les mains gelées. Malgré les soins les plus dévoués, la gangrène survint et on dut lui amputer deux doigts. Dans ces conditions, le Prince, à son grand désespoir, se voyait obligé de remettre le commandement de l'expédition à Cagni (1).

La caravane se mit en marche le 21 février, par un froid de —43° (2). Cagni avait sous ses ordres neuf hommes divisés en trois escouades qui devaient retourner successivement au camp. Chaque escouade avait quatre solides traîneaux construits en Norvège sous la direction personnelle de Nansen, le même nombre de chiens et des vivres calculés sur le nombre présumé de journées de marche. Les chiens constituaient une réserve ; ils devaient être

(1) *Spedizione Italiana sulla Stella Polare.*
(2) Elle comprenait 104 chiens et 13 traîneaux.

sacrifiés pour les besoins de leurs camarades au fur et à mesure de l'allègement des traîneaux.

Les souffrances furent cruelles et le récit de leur chef excite une profonde émotion. A des espérances irréfléchies succédait rapidement un complet découragement. Le 22 mars, pour se conformer à ses instructions, Cagni renvoyait au camp la première escouade. Elle se composait du lieutenant de vaisseau Querini, un des brillants officiers de la marine italienne, du guide alpin Ollier et du mécanicien Stokken. Ollier, à plusieurs reprises, avait eu les extrémités gelées. Fut-il la cause de la catastrophe finale par le ralentissement qu'il apporta à la marche ? Nul ne le peut dire, car jamais ces malheureux ne reparurent. Ils avaient avec eux dix chiens et ils emportaient trente journées de vivres, quantité qui paraît bien insuffisante(1).

Le 31 mars, la seconde escouade composée aussi de trois hommes, sous les ordres du Dr Cavalli, partait à son tour. En vingt jours elle arrivait au camp et rapportait au Prince, les difficultés croissantes de la marche. Ces pionniers avançaient lentement ; tantôt, la neige était molle : hommes, chiens, traîneaux enfonçaient, et il fallait s'arrêter pour les retirer ; tantôt le froid reprenait, le thermomètre marquait — 40°, — 46°, la glace devenait raboteuse, les traîneaux se brisaient sous des heurts répétés et un temps précieux se perdait.

Les vivres baissaient, ce que nous sommes forcés de répéter bien souvent ; ici, leur quantité et le temps nécessaire à l'expédition avaient évidemment été mal calculés. Il fallut bientôt diminuer les rations des hommes et des animaux. Quelques ours que l'on tuait, quelques chiens que l'on sacrifiait empêchaient la famine de sévir cruellement. Cagni avait encore avec lui deux guides alpins et un

(1) Après de longues recherches dans les régions polaires, le Prince, dès son retour en Europe, envoya un vaisseau pour les continuer. Ces explorateurs n'ont pu trouver aucune trace des disparus, et il est aujourd'hui trop sûr qu'ils ont misérablement péri.

italien, tous animés d'un ardent désir de ne pas revenir sans un succès.

Ce succès si mérité, ils allaient l'obtenir ; le 26 avril, les Italiens arrivaient à 86° 33′ 49″ N. C'était la plus haute latitude atteinte jusqu'à eux. Ils déployèrent triomphalement leur drapeau, aux cris mille fois répétés de : « Viva il Re, Viva l'Italia ». A ce moment, il ne leur restait pour leur retour au camp, que trente jours de vivres pour les hommes et 400 livres de pemmican pour les chiens encore au nombre de 34. Ce retour s'imposait ; il fut très pénible ; la dérive des glaces les entraînait vers l'île d'Erasmus Ommaney au S.-O. de la baie de Teplitz ; de là il leur fallut quinze jours pour regagner le camp et quinze jours de la marche la plus fatigante avec des rations singulièrement réduites.

Les Italiens avaient obtenu un grand succès ; il fallait, au vif regret de tous, au regret du Prince surtout, se borner à ce succès et quitter ces dures régions pour rentrer en Europe (1).

L'état de la *Stella Polare* de retour au port d'Hammerfest, attestait éloquemment les dangers courus et son pavillon en berne disait non seulement la mort du Roi d'Italie par la main d'un lâche assassin, mais aussi les vides faits parmi ses courageux marins.

VI

Il semblait que tant de mécomptes, tant d'illusions perdues, eussent dû refroidir l'ardeur des explorateurs. Il n'en est rien, et après les échecs successifs de Jackson, de Peary, de Nansen, du duc des Abruzzes, nous assistons émus, à une véritable course internationale pour atteindre

(1) Les journaux rapportent que le duc des Abruzzes veut organiser une nouvelle expédition au printemps ; nos vœux et nos espérances le suivront.

le but si désiré par l'orgueil humain. Sans doute les expériences passées, les immenses progrès accomplis durant la fin du XIXe siècle, les fortunes accumulées donnent à ces nouveaux pionniers des moyens d'action bien supérieurs à ceux de leurs devanciers. Le succès est peut-être possible, au prix de dangers redoutables, de difficultés sans cesse renaissantes. Mais qui donc oserait affirmer les chances de ce succès ? Sans doute, l'effet moral en serait considérable ; le nom du vainqueur, celui de son navire passeraient à la postérité. Mais quels en seraient les résultats ? En quoi, soit au point de vue pratique, soit au point de vue scientifique, je l'ai dit et je le répète, ces résultats ajouteront-ils au bonheur et au progrès de l'humanité ? Toujours ces régions où le froid règne en maître, resteront inhabitables pour l'homme, inutiles au développement de son industrie et de son commerce.

Parmi ces pionniers, les Américains sont au premier rang. Ils sont ambitieux, tenaces, désireux d'éclipser les autres nations. A tout prix, ils veulent que le drapeau étoilé flotte le premier au pôle ; ils n'épargnent aucuns efforts pour arriver à ce résultat.

M. Baldwin, météorologiste distingué ayant déjà pris part à divers voyages arctiques, est parti il y a quelques mois (1), de Tromsöe, sur le baleinier *America* jaugeant 466 tonneaux. L'expédition est montée aux frais de M. Ziegler, un de ces millionnaires qui font honneur à leur fortune par l'utile emploi qu'ils en font, par les services qu'ils rendent à la science et au progrès. Jamais expédition n'a été préparée avec un semblable luxe. Baldwin emmène avec lui 42 hommes, 426 chiens eskimos, 16 poneys, des rennes et jusqu'à un moteur à pétrole, du système Decauville, de cinq chevaux de puissance destiné à remorquer les traîneaux sur la glace, quand sa surface sera suffisamment unie. Le *Fridjtof* navire norvégien, l'ac-

(1) 16 juillet 1901.

compagne jusqu'à la terre François-Joseph avec les vivres et les objets de campement, et un autre navire est déjà désigné pour les ravitailler en 1902. Baldwin compte terminer la tâche entreprise par Jackson, explorer les îles que celui-ci n'avait fait qu'indiquer puis, partant d'une de ces îles, s'élancer vers le pôle. Sa confiance est telle, que déjà la *Belgica*, le navire qui a conduit M. de Gerlache dans les mers antarctiques, le devance par ses ordres, au Groënland, pour établir sur divers points des côtes est, des dépôts de vivres pour le retour attendu.

On a déjà des nouvelles de leur première étape, à l'île d'Alger au sud du détroit Markham par 80°24' N. Baldwin y a fait élever une maison nommée « Ziegler Camp » en l'honneur du patron de l'expédition. Six hommes avec des chiens, des poneys, des vivres en abondance, doivent y hiverner et continuer l'étude de la faune, de la flore et des conditions météorologiques.

La Dominion du Canada prépare aussi une expédition polaire sous le commandement du capitaine Bernier de Québec. Encouragé par le succès relatif du *Fram*, Bernier prétend se laisser entraîner par le pack jusqu'au pôle, mais modifiant le plan de Nansen, il compte appuyer plus à l'est, suivre les côtes nord de la Sibérie où durant l'été, il est à peu près assuré de trouver la mer libre. Arrivé à un point à fixer entre le 165° et le 170° de longitude est, le navire se laissera enfermer par les glaces, puis entraîner par elles. Des observations assez précises permettent de croire que le pack dérive en ligne courbe de la mer de Sibérie à la mer du Groënland. Le navire, s'il ne lui arrive aucune avarie, s'il résiste à la pression des glaces, dérivera avec elles. Cette singulière navigation durera au moins trois ans. A cent miles environ du pôle, Bernier poussera en avant, avec des traîneaux, ses poneys et ses chiens. Mais est-ce la terre ? Est-ce la mer qu'il rencontrera ? Nulle certitude ne peut encore exister à cet égard. En cas de succès, il compte revenir par la terre

François-Joseph pour visiter Peterman's Land que Payer n'a vu que de loin. S'il échoue, il a fait creuser de solides troncs de chêne armés de fortes pointes d'acier ; il les enfoncera dans la glace pour lui servir de jalons au retour. Mais les glaces sont mouvantes et emporteront les jalons avec elles. Tout cela est bien hypothétique, repose sur des données bien incertaines et ne peut inspirer qu'une médiocre confiance.

Les Russes entendent procéder par un moyen plus original. Ils veulent se frayer un passage à l'aide d'un grand broyeur, le *Yermak* construit sur les plans de l'amiral Makaroff. Le *Yermak* achevé au printemps de 1899, a fait depuis ce moment de nombreux essais sur les côtes du Spitzberg et ces essais ont été à peu près satisfaisants. Il a pu, marchant à toute vapeur, se frayer un passage à travers des nappes de glace mesurant jusqu'à 4 pieds d'épaisseur, à travers des icebergs plongeant jusqu'à 25 pieds dans l'océan. C'est sur ces essais, c'est surtout sur la ferme conviction de son inventeur que le Gouvernement russe a voulu tenter une expérience plus importante.

Le *Yermak* est entièrement construit en acier. Il mesure 305 pieds de longueur, 71 pieds de largeur, et 42 pieds 1/2 de profondeur ; son déplacement est de 8000 tonnes, ses machines sont de la force de 10 000 chevaux. Sa puissance d'attaque est incontestable, mais devant la tâche herculéenne qu'il lui faudra accomplir, les ingénieurs russes eux-mêmes n'osent se flatter du succès.

Une des difficultés presqu'insurmontables qui l'attendent, est la quantité de charbon qu'il doit emporter. Il faut non seulement assurer la marche en avant, mais encore réserver pour le retour une quantité au moins égale en ajoutant l'imprévu qui joue un rôle important dans les navigations arctiques. La consommation journalière est connue, les quantités de charbon ont donc des limites assez précises, elles ne peuvent suffire qu'à un

voyage de quelques mois ; et qui donc oserait imposer des limites semblables à cette audacieuse entreprise ? Il est curieux qu'une objection aussi grave n'ait pas frappé les ingénieurs.

D'autres causes d'échec existaient. Le premier voyage devait consister à aller par la Nouvelle-Zemble à la mer de Kara. Mais les glaces ne permirent pas de l'accomplir. Le *Yermak* se dirigea alors vers la terre de François-Joseph. A plusieurs reprises, il fut arrêté par les banquises que sa puissante machine ne parvenait pas à broyer et qu'il fallait tourner, perdant ainsi un temps précieux.

Au mois d'août dernier, le capitaine Kjelösen du navire *Fridjtof* arrivait à Hammerfest. Il avait rencontré le *Yermak ;* il annonce son insuccès qui probablement mettra fin à cette expédition. Cet insuccès était pleinement confirmé par le retour du *Yermak* à Tromsoë, au mois de septembre dernier.

A côté des projets tout au moins sérieux que je viens de résumer, les projets absolument chimériques abondent. C'est le seul terme qui puisse être appliqué au bateau sous-marin de l'ingénieur autrichien Auschutz Kämpfe. Il espère arriver au pôle dans ce bateau construit avec une solidité à toute épreuve. Il naviguerait sous la glace et reparaîtrait pour renouveler sa provision d'air aux points, où la mer est libre durant certains mois de l'année et où sa machine lui permettrait de se maintenir.

Le bateau a la forme d'un œuf ; il possède de grands réservoirs d'air comprimé pour que ceux qui le montent ne soient jamais exposés à une privation d'air durant les quinze heures qu'il peut rester submergé. Il marche, dit son inventeur, à une vitesse due à l'électricité, de 3 miles 1/2 à l'heure.

Ces détails suffisent pour caractériser le projet dont je n'aurais même pas osé parler, s'il ne se présentait sous le patronage de la Société Impériale de Géographie de Vienne. J'oubliais un détail étrange dans ce projet où

tout est étrange : le bateau est muni à son avant d'un appareil capable de percer rapidement la glace, là où sa masse opposerait un obstacle insurmontable.

M. Auschutz Kämpfe n'est pas le seul inventeur qui entre dans cette voie. M. Pesce, ingénieur des arts et manufactures, préconise aussi pour atteindre le pôle un bateau sous-marin (1). Les deux principales difficultés sont l'orientation et la visibilité. La première, dit-il, n'a qu'une importance secondaire ; il suffit de suivre la direction donnée par l'aiguille aimantée. Quant à la visibilité, on pourrait la remplacer par des avertisseurs électriques qui serviraient à connaître les écueils ou les îlots sous-marins. Nansen ayant rapporté que les mers boréales ne sont pas couvertes de glaces, sur toute leur étendue, mais qu'elles offrent de grands espaces libres entre les icebergs et les banquises, le sous-marin pourrait donc naviguer alors à fleur d'eau et s'immerger pour passer sous les icebergs.

Ici se termine ma tâche. J'ai montré les tentatives faites pour arriver au pôle nord et celles qui se préparent. En présence des merveilles accomplies, il n'est plus permis de dire qu'une chose est impossible quelles que soient les difficultés qu'elle présente. Mais il est permis de rappeler que durant le siècle qui vient de s'écouler, il s'est perdu près de deux cents navires dans les mers arctiques, que l'on a englouti plus de 125 millions, sacrifié nombre de vies précieuses et que la solution du problème est encore à trouver.

Rougemont, 27 octobre 1901.

Mis DE NADAILLAC.

(1) REV. SCIENT. 10 sept. 1896.

LES FOURS ÉLECTRIQUES

I

HISTORIQUE

On a donné le nom de « fours électriques » à des appareils de réduction ou de fusion par l'électricité.

Ces appareils ont historiquement pour point de départ et pour forme la plus élémentaire l'arc voltaïque découvert par Davy en 1813.

Au cours de ses études sur les actions chimiques du courant produit par la pile, Davy avait fait construire à l'Institut royal de Londres une batterie gigantesque de 2000 couples Wollaston. A l'extrémité de chaque fil, c'est-à-dire au point de rupture du circuit, fut fixé un fragment de charbon. A peine eut-on rapproché les deux pôles ainsi établis qu'il en jaillit une flamme éblouissante. Cette flamme ne fut ni amoindrie, ni interrompue par l'écartement progressif des charbons jusqu'à une distance de dix centimètres ; mais comme les charbons étaient placés horizontalement, le jet lumineux prit une forme arquée caractéristique. Davy se rendit compte de l'énorme chaleur développée dans l'arc ; toutefois son attention fut surtout attirée par les phénomènes lumineux dont il était le siège (fig. 1).

Après Davy, Children et Grove se préoccupèrent d'utiliser l'arc pour la réduction des oxydes métalliques et la fusion des métaux. On se rappellera peut-être qu'au

XVIIIe siècle Van Marum avait déjà eu l'idée d'essayer à cet usage la machine électrique du Musée de Harlem. Mais c'est à Despretz que l'on doit les premières décou-

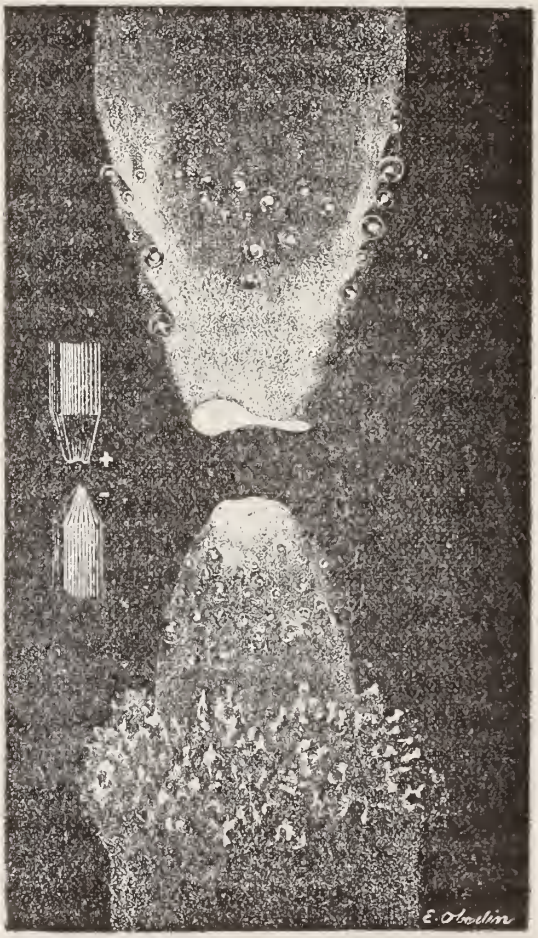


Fig. 1. — Arc voltaïque.

vertes vraiment heureuses dans ce nouveau champ d'expériences.

Despretz avait commencé publiquement ses essais, au cours de physique de la Sorbonne, pendant l'hiver de

1848. Il fit part à l'Académie des Sciences, en juin 1849, des résultats qu'il avait obtenus. On y voit en germe l'œuvre qui, un demi-siècle plus tard, va immortaliser le nom de Moissan. Il avait réuni, selon ses expressions, 496 éléments Bunsen en quatre séries parallèles et mis entre les deux pôles d'un œuf électrique une baguette de charbon de sucre. Le charbon fut volatilisé et se déposa en cristaux sur les parois du vase. L'expérience plusieurs fois renouvelée réussit toujours à souhait. La chaux, la silice, la magnésie se comportèrent de la même manière que le charbon. « Je crois, disait Despretz, pouvoir dès aujourd'hui tirer cette conclusion de mes expériences, que même avec les moyens qui sont en mon pouvoir, et j'espère les agrandir, je peux prouver que tous les corps sont fusibles et volatils. » Il venait, on le voit, d'utiliser la température de l'arc, et non plus seulement sa lumière, comme on s'était jusque-là borné à le pratiquer. Il fit plus encore : il imagina d'employer comme électrode le creuset renfermant les matières à traiter. Le pôle négatif de l'arc était constitué par une baguette de charbon de sucre, le pôle positif par le creuset lui-même. Grâce à cette disposition, il réussit à fondre sous une cloche de verre et dans une atmosphère d'azote un certain nombre de corps jusque-là considérés comme infusibles aux températures abordables, par exemple le titane, le bore, le silicium, le tungstène, etc... Loin de se méprendre sur la portée de cette découverte, il entrevit aussitôt les avantages que devait en retirer l'industrie : « Je suis disposé à croire, dit-il, qu'il y a ici une nouvelle application de la pile aux arts industriels. »

Quatre ans plus tard, Pichou construisit un appareil qui paraît avoir le premier, en quelque façon du moins, mérité le nom « de four électrique », bien qu'il fût encore rudimentaire. Cet appareil se composait d'un bâti en maçonnerie divisé en deux étages par une sole de fonte. La partie inférieure formait le foyer, la partie supérieure

le creuset. Au-dessus du creuset étaient disposées deux paires d'électrodes d'où jaillissaient deux arcs (fig. 2).

L'auteur destinait son appareil à la fusion des minerais. La matière réduite en poudre fine était conduite par un plan incliné dans un entonnoir et de là tombait entre les deux arcs. La chaleur du foyer complétait l'opération commencée par le courant.

La même année, le 22 mai 1853, Johnson inventa un nouveau modèle de four qui n'était pas sans avoir avec le précédent de grandes analogies. Il réalisait cependant

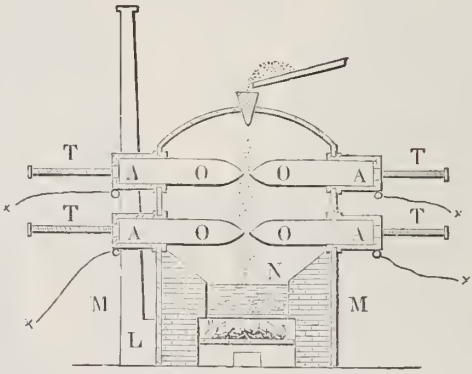


Fig. 2. — Four Pichou.

un progrès, car à l'action de l'arc il ajoutait celle du charbon pulvérisé employé comme réducteur.

Malgré ces tentatives plus louables qu'heureuses, l'application de l'électricité au traitement des minerais ne parut pas intéressante, vu son prix de revient et les multiples désagréments nés de l'usage des piles.

Encore quelques années, et l'invention des machines magnéto- et dynamo-électriques va permettre de produire à meilleur compte et d'une façon plus sûre les courants jusqu'alors à grands frais et si imparfaitement obtenus.

Longtemps les appareils de Pixii et de Clarke ont figuré dans les cabinets de physique et les laboratoires comme seuls spécimens d'appareils dynamo-électriques ; c'est

cependant de la forme Siemens à induit en double T et enroulement longitudinal que dérivent les premiers appareils industriels appliqués à la production des courants. C'est de même à Siemens que l'on doit la première mise en usage du four électrique dans l'industrie, d'une manière vraiment utile.

Son premier four date de 1879 : il était destiné dans la pensée de l'auteur à la fusion des minerais, et de fait il fondait rapidement la fonte, le nickel, le cobalt ; mais il n'en allait pas de même pour les métaux plus réfractaires.

Il se composait d'un creuset en graphite noyé dans une substance mauvaise conductrice de la chaleur, par exemple la poudre de charbon de bois. Le fond du creuset était relié au pôle positif d'une source électrique par une tige métallique peu fusible ou un crayon de charbon passant par son milieu. Une deuxième baguette de charbon, de dimensions relativement grandes, traversait le couvercle du creuset et constituait l'électrode négative. Celle-ci était suspendue au moyen d'un ruban de cuivre ou de tout autre corps bon conducteur à l'extrémité A d'un fléau AB reposant par son centre sur une tige verticale. A l'extrémité B du fléau était fixé un cylindre creux en fer doux, mobile à l'intérieur d'une bobine. Un contrepoids G placé en curseur sur le bras du fléau faisait équilibre à la force magnétique qui, au passage du courant, attirait le cylindre de bas en haut. En déplaçant le curseur, on pouvait à volonté varier la résistance de l'arc. En effet, la bobine étant reliée d'un côté au pôle positif, de l'autre au pôle négatif de l'arc électrique, lorsque la résistance augmente, l'électrode négative s'enfonce plus profondément dans le creuset ; si au contraire la résistance diminue, le cylindre de fer doux descend dans la bobine, grâce au contrepoids G, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Ce mouvement de bascule automatiquement imprimé au fléau par la marche elle-même de l'opération en assurait

la régularité et empêchait l'extinction de l'arc par excès de résistance (fig. 3).

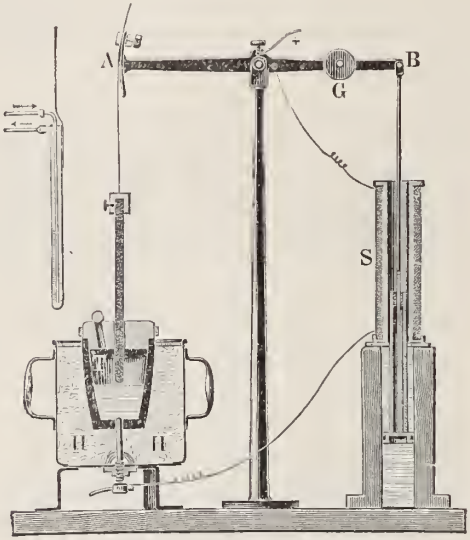


Fig. 3. — Premier four Siemens.

Le premier four Siemens était chauffé par un arc vertical ; dans un deuxième modèle, que le célèbre ingénieur réalisa de concert avec Hutington, les électrodes furent

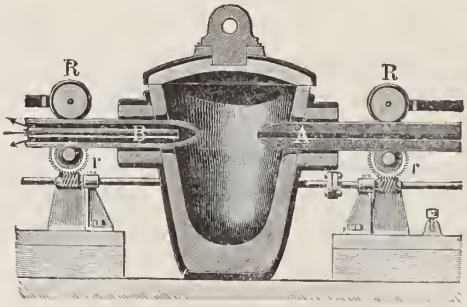


Fig. 4. — Deuxième four Siemens.

placées horizontalement ; l'une était en charbon, l'autre consistait en un tube métallique, susceptible d'être refroidi par un courant d'eau ou d'air froids. Un jeu de poulies rapprochait ou écartait les électrodes (fig. 4).

Un troisième four imaginé plus tard par le même inventeur comprenait un creuset dont le fond était traversé par une vis en platine. Au moyen de cette vis le courant communiqué à la masse à traiter la rendait partie intégrante du pôle positif, lorsqu'elle était bonne conductrice. Le four ne servait du reste que dans ce cas. Le pôle négatif était formé par une tige métallique creuse et surmontée

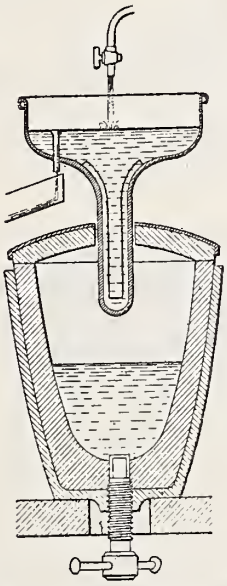


Fig. 5. — Troisième four Siemens.

d'un entonnoir par où circulait un courant d'eau. L'arc jaillissait entre la tige et la substance en traitement (fig. 5).

Dans ces appareils le courant électrique passait à travers le minerai, d'où impossibilité de discerner la part qui revenait dans la réaction à la température de l'arc et celle qu'on devait attribuer à l'action du courant.

En second lieu, le creuset en charbon dont se servaient Siemens et Hutington laissait, grâce à la conductibilité de cette matière, perdre une notable quantité de chaleur : aussi éprouvèrent-ils d'énormes difficultés à fondre cer-

taines substances plus réfractaires, le tungstène par exemple.

Si nous suivons l'ordre chronologique, nous devons maintenant signaler le four Clerc. C'était à proprement parler une sorte de lampe à arc à laquelle son inventeur avait donné le nom de lampe Soleil. Elle était faite d'un bloc de chaux ou de magnésie dans lequel jaillissait un arc électrique. M. Clerc y volatilisa plusieurs fois la silice et la chaux devant un nombreux public, durant l'Exposition d'électricité de 1881 (fig. 6).

En 1885 et 1886, les frères Cowles prirent plusieurs brevets de four électrique, où nous trouvons des données réellement intéressantes.

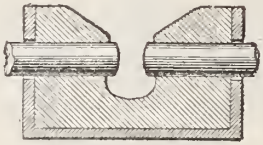


Fig. 6. — Four Clerc.

Nous signalerons en particulier trois types de ces appareils plus fréquemment imités ou employés.

Le premier modèle fut créé pour la réduction des minerais de zinc ; il se composait d'une chambre en maçonnerie remplie de charbon de bois pulvérisé ou d'autre substance non conductrice. Au sein du charbon était plongée une cornue cylindrique en silice ou autre matière également peu conductrice de la chaleur. L'électrode positive était constituée par une plaque de charbon qui servait en même temps d'obturateur d'un côté de la cornue ; l'autre côté se trouvait fermé par un creuset en graphite, faisant office d'électrode négative et de chambre de condensation. On retirait le creuset pour introduire la charge de minerai qui, pulvérisée et mélangée à du charbon en poudre, était alors portée à l'incandescence par le courant électrique (fig. 7).

Le deuxième type de four Cowles fut breveté en 1886. Dans un bloc de maçonnerie on ménageait une chambre parallélipipédique où étaient reçues sur une sole isolante les substances à réduire. Deux électrodes en charbon, disposées horizontalement, venaient se rejoindre au sein

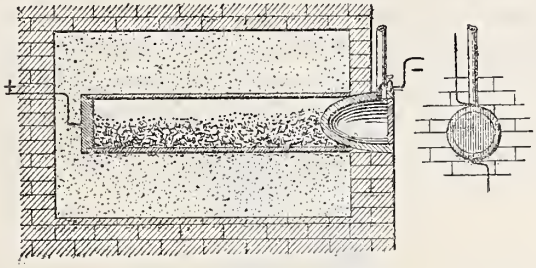


Fig. 7. — Premier four Cowles.

même de la masse et la portaient à l'incandescence. Les charbons d'abord réunis étaient ensuite graduellement écartés (fig. 8).

Le troisième four breveté par MM. Alfred et Eugène Cowles est beaucoup plus pratique et par suite plus inté-

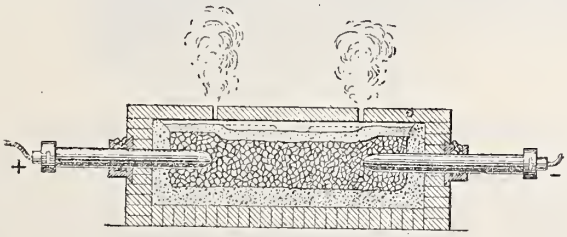


Fig. 8. — Deuxième four Cowles.

ressant que les deux types antérieurs. Il date de 1887. C'est une caisse en briques réfractaires affectant la forme d'un rectangle. Les électrodes se composent de plusieurs tiges de charbon réunies en faisceau et maintenues à une de leurs extrémités par un bloc fondu de fer ou de cuivre. Elles mesurent environ 50 centimètres de diamètre. Au bloc métallique mentionné vient s'insérer une grosse

baguette de cuivre qui conduit le courant : des manchons de fonte noyés dans les parois permettent aux électrodes de se déplacer suivant les besoins. Un trou de coulée est ménagé sur l'une des faces. Sur la sole du four on étend une couche de charbon de bois chaulé, puis on fait descendre les électrodes qui se rejoignent en formant un angle obtus. Autour du point de jonction est amené un mélange de minerai, de métal et de charbon de bois ; le reste du four est rempli avec du charbon. Un couvercle de fonte laisse par une ouverture s'échapper les gaz de la combustion, tandis que le produit est recueilli sur la sole

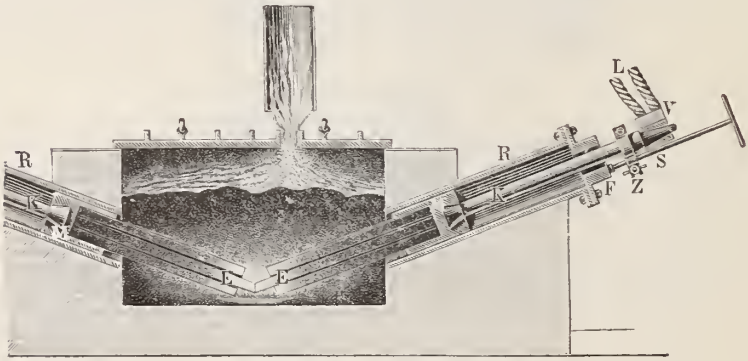


Fig. 9. — Troisième four Cowles.

et de là s'échappe par le trou de coulée. Cet appareil a été surtout employé pour la fabrication du ferro-aluminium et du bronze d'aluminium. D'après Borchers, la décomposition de l'alumine n'y est pas le résultat d'une réduction par le charbon, mais uniquement un effet de la chaleur produite par le courant dans la résistance, cette résistance étant constituée à la fois par les baguettes de charbon improprement appelées électrodes et les particules de charbon de bois du mélange entraînées dans le circuit. Dans ce four comme dans celui de Siemens, il se perd par rayonnement une énorme quantité de chaleur : mais la température demeure plus que suffisante pour l'usage

auquel le four a été primitivement destiné. M. Moissan a donc pu dire avec raison que le four Cowles « répond très bien aux besoins industriels pour lesquels il a été créé » (fig. 9).

Un quatrième modèle de four fut inauguré en 1887 par MM. Cowles. Il diffère notablement des précédents, et se rapproche d'un type qui aurait été décrit par Johnson en 1853, au dire de certains auteurs ; mais la description de

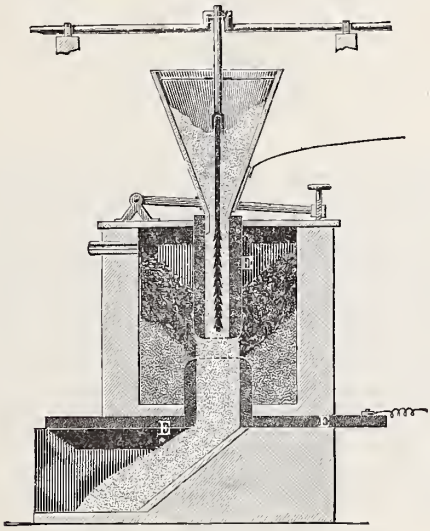


Fig. 10. — Quatrième four Cowles.

ce four est tellement vague que l'appareil Cowles peut en être très distinct, tout en paraissant lui ressembler, si l'on se rapporte à la teneur du brevet Johnson. Quoi qu'il en soit, le quatrième four Cowles se compose d'un grand bâti en briques réfractaires ou siliceuses. Les électrodes sont verticales, creuses, constituées par de gros tubes de charbon. Au-dessus de l'électrode positive est disposée une trémie par laquelle descendent dans le tube en charbon les matières pulvérisées. Un mélange de chaux et de charbon de bois entoure les électrodes de façon à les isoler complètement. Il est toutefois à remarquer que le

grain de ce mélange très menu dans la partie inférieure de la chambre est beaucoup plus gros au sommet, de façon à laisser librement s'échapper les gaz dans un condensateur voisin (fig. 10).

Quelque temps avant la prise de brevet de ce dernier appareil, M. Grabau avait imaginé le dispositif suivant : Un creuset en terre réfractaire et dont le couvercle reçoit le pôle négatif d'une source d'électricité est plongé dans une masse peu conductrice. Le pôle positif est constitué, comme dans le four Siemens, par un métal liquide, mais avec cette différence qu'ici les matières à réduire sont introduites en poudre, non par versement au-dessus du bain, mais à l'aide d'une presse à travers le fond même du creuset sous le pôle positif. C'est non plus l'arc voltaïque, mais la chaleur du pôle lui-même qui opère la fusion du minerai ou effectue l'alliage, quand il y a lieu. Dans ce dernier cas, l'électrode positive destinée à fondre avec le minerai doit être d'un métal identique à celui que donnera la réduction du minerai.

L'avantage de ce système consistait en cette particularité que les variations de résistance dues à l'introduction dans le four, à la surface du liquide formant le pôle positif, de substances non conductrices étaient évitées, puisque les matières arrivaient au-dessous de la surface du pôle. De cette façon il n'y avait pas à redouter non plus l'extinction de l'arc, accident auquel donne souvent lieu la projection brusque sur les charbons des matières introduites.

En 1890, M. E. Acheson faisait en Pensylvanie, au four électrique, les recherches qui l'amenèrent à la découverte du carborundum. Les appareils dont il se servit, plusieurs fois modifiés, peuvent être ramenés aux formes suivantes :

Le premier n'était autre chose qu'une bassine en fer brasquée avec du charbon de cornue et dont le centre était occupé par un mélange de charbon de cornue et d'argile. La bassine elle-même constituait l'une des électrodes,

l'autre était formée d'un cylindre de charbon de cornue plongeant dans le mélange à réduire.

Ce four un peu rudimentaire fut remplacé plus tard par un appareil en briques réfractaires mesurant à l'intérieur 25 centimètres de long sur 10 de large et autant de haut. Une électrode mobile en charbon engainée dans chacune

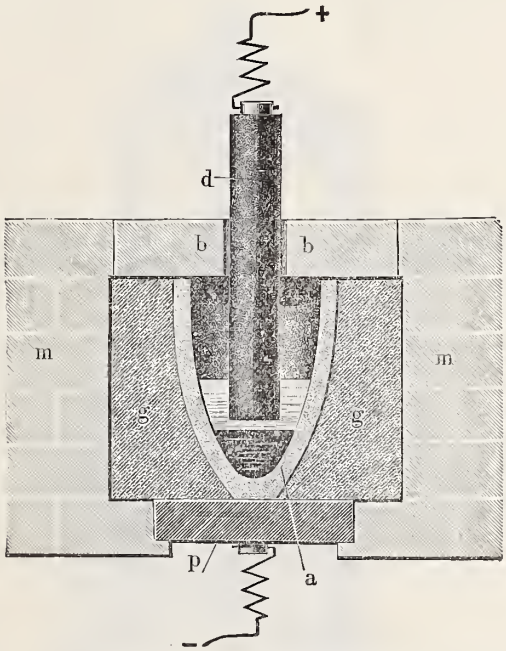


Fig. 11. — Four Héroult.

de ses extrémités permettait de varier la longueur de l'arc, dans le sens horizontal.

Un troisième dispositif fut plus tard adopté, à cause des changements trop brusques de résistance intérieure qui provenaient de contacts défectueux entre la matière et les électrodes et rendaient difficile à conduire la marche des opérations. Une caisse en briques réfractaires contenait le mélange de charbon, silice et sel. Les deux électrodes, toujours horizontales et placées sur la partie médiane de

l'appareil, étaient séparées par une âme de charbon de bois qui en enveloppait les extrémités et occupait tout le centre de la masse à réduire. Cette âme ou noyau central a nécessairement pour effet de diviser l'arc en une multitude d'arcs plus petits d'intensité différente et variable.

En 1886, M. Héroult avait pris en France un brevet de

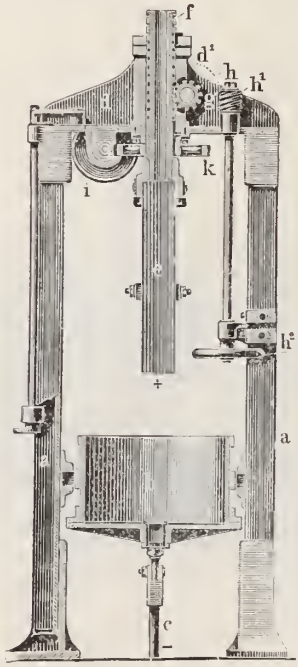


Fig. 12. — Four Kiliani.

four électrique. Cet appareil a subi depuis quelques modifications. Il est assez intéressant à connaître, car c'est le premier qui a servi en France à la fabrication du carbure de calcium. Il se compose de plaques de fonte ou de briques réfractaires assemblées et intérieurement revêtues d'épaisses plaques de charbon de cornue unies par un mélange de poudre de charbon et de goudron. Un bloc de charbon de cornue forme la cathode et occupe le fond de la cuve. L'anode est constituée par un aggloméré de charbon (fig. 11).

Dans le four Kiliani (1889) l'anode peut recevoir un mouvement d'oscillation ou un mouvement giratoire, de façon à empêcher la formation de croûtes à la surface du bain de fusion. La cathode est en cuivre revêtu de graphite aggloméré (fig. 12).

Le premier four de M. Willson date de 1890. Il ressemble beaucoup au premier four de Siemens. Il en est de

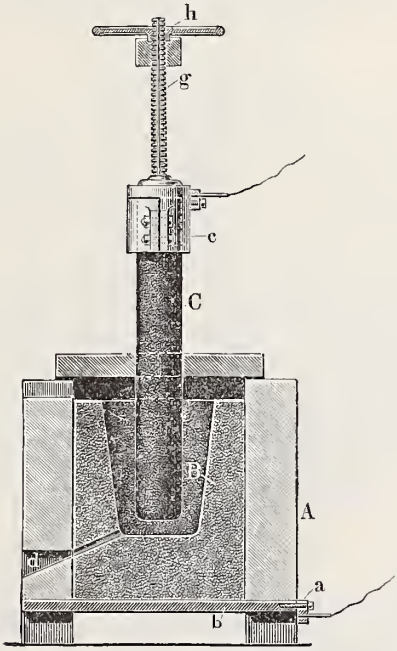


Fig. 13. — Premier four Willson.

même du nouvel appareil qu'il décrit dans sa demande de brevet en 1893. Ce dernier est plus connu, par suite des revendications de l'inventeur au sujet du carbure de calcium (fig. 13).

Il se compose d'un creuset en graphite formant électrode, l'autre électrode étant constituée par un crayon de charbon. Mais l'auteur ajoute que l'on peut aussi adopter d'autres dispositifs, bien qu'ils soient moins parfaits.

Ainsi l'on obtient des résultats satisfaisants en plaçant deux charbons dans le creuset aux extrémités du circuit ou en les suspendant au-dessus d'un foyer. Dans les deux cas, l'arc jaillit au contact des corps ou bien passe de l'un des charbons dans la masse à traiter, et de là dans le deuxième charbon. Il y a alors deux arcs (fig. 14).

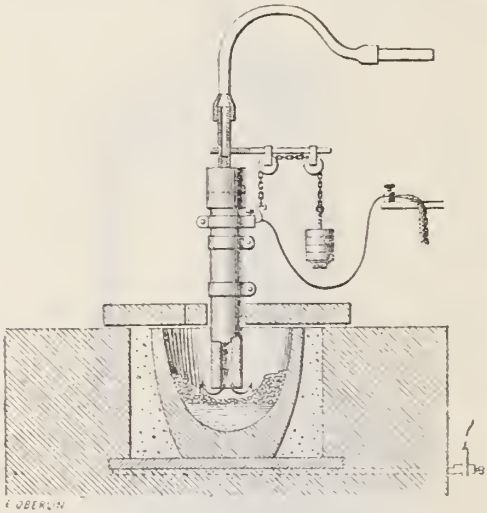


Fig. 14. — Deuxième four Willson.

En 1895, M. Willson prend encore un brevet. Les parties essentielles de son nouvel appareil sont les suivantes :

1. Un bâti extérieur en briques, revêtu ou non, à l'intérieur, d'une âme en charbon et muni ou dépourvu d'un appareil d'évacuation.

2. Un pôle constitué par un assemblage de charbons et reposant sur la sole du four.

3. Un deuxième pôle, mobile, formé par un crayon de charbon compact et muni d'un régulateur.

Les deux derniers fours que nous venons de mentionner sont postérieurs en date à celui dont M. Moissan com-

muniqua la description à l'Académie des Sciences, en décembre 1892 (1).

Le four Moissan se compose de deux briques de chaux bien dressées et appliquées l'une contre l'autre (fig. 15). La

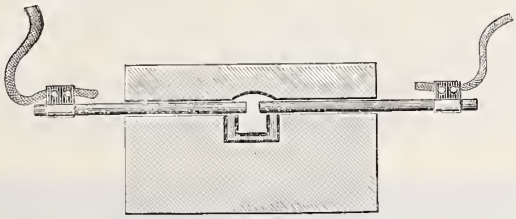


Fig. 15. — Schéma du four électrique de M. Moissan.

brique inférieure porte une rainure longitudinale par laquelle passent les deux électrodes. Au milieu de ce bloc est une cavité servant de creuset : elle reçoit la substance qui doit être soumise à la chaleur de l'arc. Cette substance

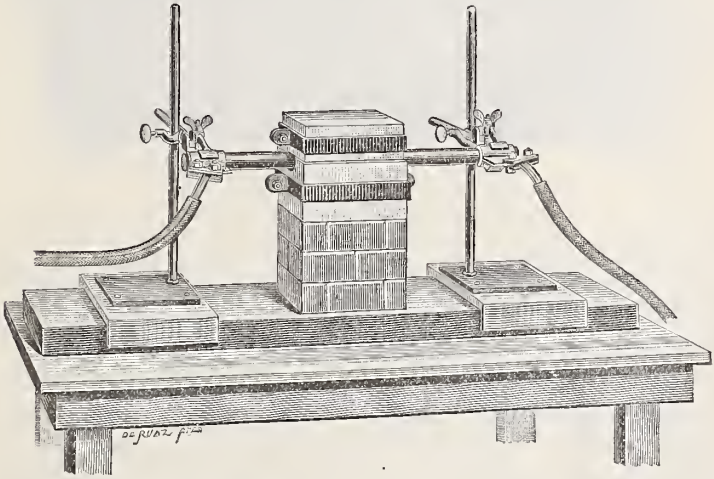


Fig. 16. — Four Moissan pour courants de 70 volts et 400 ampères.

(1) Dans la note sur *La découverte du carbure de calcium* publiée par nous dans cette REVUE, livraison de juillet 1900, p. 220, nous avions écrit que M. Moissan imagina son premier four électrique, avec le concours de M. Violle. Les expériences furent faites avec le concours de M. Violle; mais le four appartenait exclusivement à M. Moissan.

peut aussi être renfermée dans un creuset en charbon que l'on place dans la cavité même. La brique supérieure est aussi excavée, mais plus légèrement, en forme de dôme, au-dessus du point où jaillit l'arc électrique (fig. 16).

Les électrodes sont mobiles : elles reposent sur deux supports faciles à déplacer, ce qui permet de régler à volonté l'étendue de l'arc (1).

Le four Moissan avait ceci d'original que, contrairement à tous les autres jusque-là en usage, la matière en

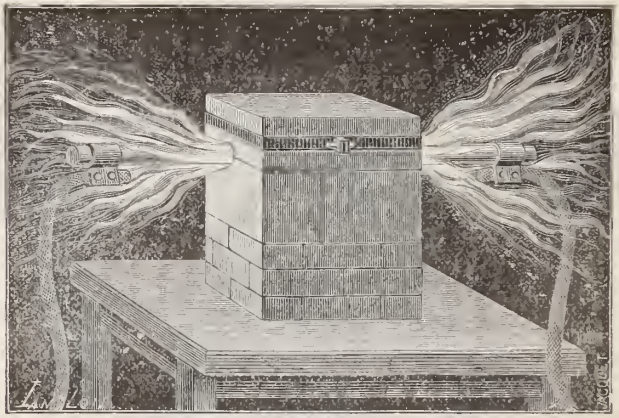


Fig. 17. — Four Moissan en marche.

traitement ne s'y trouvait plus en contact avec l'arc lui-même, mais était simplement soumise à la chaleur qui s'en dégageait. Cette chaleur atteignait des proportions d'autant plus considérables qu'elle se trouvait réfléchie par le dôme sur la substance placée dans le creuset (fig. 17).

Dans l'appareil que nous venons de décrire sommairement l'action calorifique du courant se trouve pour la première fois nettement et rationnellement séparée de son action électrolytique. Nous avons de plus constaté nous-

(1) C'est dans ce four que M. Moissan fit ses premières expériences sur le carbure de calcium, expériences qui lui en assurent sans contredit la paternité scientifique.

même que, grâce à la très faible conductibilité du bloc de chaux, on pouvait pendant la durée de l'expérience tenir la main sur le dôme, épais seulement d'environ 30 millimètres, sans être le moins du monde incommodé par la chaleur dégagée à l'intérieur du four, chaleur pouvant atteindre cependant 3000° et plus.

M. Moissan imagina plus tard quatre modèles de fours qui dérivent du premier et qui sont décrits tout au long dans le remarquable ouvrage que l'auteur publia en 1897

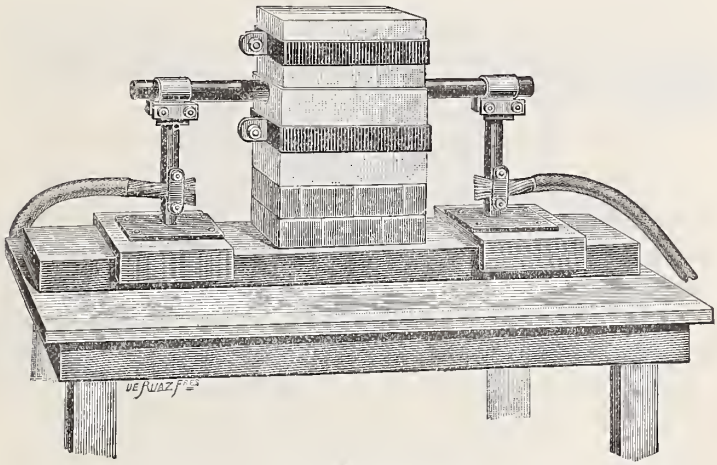


Fig. 18. — Four Moissan avec supports pour courants de 110 volts et 1000 ampères.

sur le four électrique. Voici quelques données sommaires sur chacun d'eux.

1° Four électrique en carbonate de chaux pour creusets. — La chaux est remplacée ici « par un bloc de pierre de Courson ou de tout autre calcaire naturel contenant peu de silicium, desséché avec grand soin par un séjour de douze à vingt-quatre heures à la partie supérieure d'un générateur à vapeur ou dans les cendres d'un foyer puissant. » On évite ainsi que le bloc ne se fendille.

La pierre est ensuite taillée en forme de parallélipipède régulier de dimensions variables suivant l'intensité du

courant que l'on emploiera. L'intérieur est percé d'une cavité cylindrique destinée à recevoir le creuset et notablement plus grande que celui-ci. Entre le creuset de graphite et le bloc de carbonate de chaux, il est en effet très opportun de placer un lit de magnésie pour éviter la formation de carbure de calcium. Le four et la dalle qui lui sert de couvercle sont l'un et l'autre entourés d'une bande métallique qui en augmente la solidité.

Quand on emploie des tensions élevées, il y a grand avantage à se servir, au lieu d'un creuset ordinaire, d'un four dont la cavité intérieure est large et profonde et dont le fond est formé de plaques alternées de charbon et de magnésie (fig. 18).

2° Four électrique à tube. — Pour soustraire, dans certaines expériences plus délicates, les substances en traitement à l'action de l'oxyde de carbone qui se forme par la décomposition de l'anhydride carbonique provenant du carbonate de chaux, et de l'hydrogène fourni par l'eau qui demeure encore dans le bloc calcaire, même après dessiccation, M. Moissan a eu recours au dispositif que voici :

Il garnit de plaques alternées de magnésie et de charbon les parois intérieures d'un parallélipipède en pierre à chaux exempte de silice, et, à travers ces parois, fait passer, perpendiculairement aux électrodes, un tube de charbon placé à égale distance de l'arc et du fond. Le four est fermé par une dalle en pierre calcaire. Si l'on a besoin d'une étanchéité plus grande, il est nécessaire de donner au tube de charbon un revêtement de magnésie.

En inclinant d'environ 30° le tube de l'appareil que nous venons de décrire, M. Moissan transforme ce four en four continu où il amène par glissement le mélange de charbon et d'oxyde à réduire : le métal est recueilli liquide dans une cavité creusée dans la pierre calcaire où il se refroidit peu à peu (fig. 19).

3° Four à plusieurs arcs. — Quand il s'agit de régula-

riser la chaleur sur une plus grande surface, M. Moissan conseille l'emploi d'un four à plusieurs arcs.

A cet effet, il incline légèrement la sole et amène à la partie supérieure le mélange aggloméré d'oxyde et de charbon, dégage le métal sous l'action d'un ou deux arcs et le maintient liquide à la partie inférieure de la sole en y faisant jaillir un autre arc.

Dans les fours Moissan la position des charbons n'est plus verticale, comme dans la plupart de ceux que nous

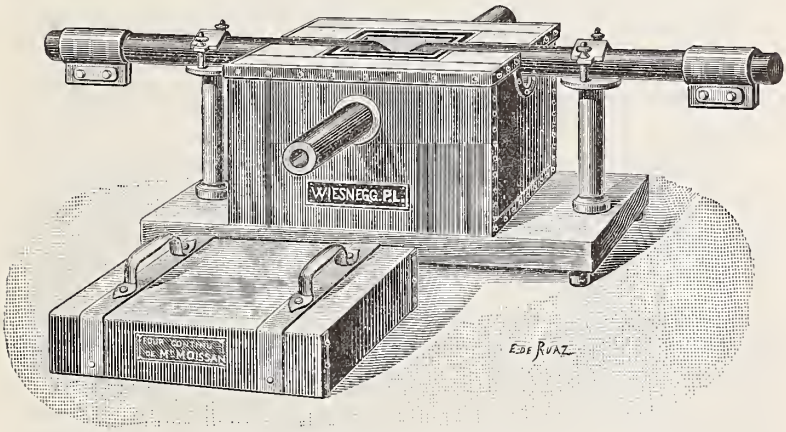


Fig. 19. — Four à tube horizontal

avons signalés plus haut. M. Pictet emploie aussi de préférence des charbons horizontaux, au-dessus desquels il enfourne le mélange qui doit être transformé en carbure. Mais l'arc n'a qu'à effectuer la combinaison, car la matière, aux dépens de laquelle cette combinaison doit s'exercer, a été préalablement portée à une haute température par un courant d'air chaud et un jet de flamme oxhydrique.

MM. Wyat et King ont supprimé totalement le four. Ils élèvent en tas la matière à traiter ; après la fusion, ils retirent les électrodes. Ce procédé donne, paraît-il, de bons résultats.

MM. Gin et Leleux ont suivi une voie différente. Ils

ont évité la formation de l'arc et imaginé un four à *résistance*, dont les résultats ont été très satisfaisants.

Ce four est constitué par un bloc en maçonnerie, où est logé un creuset métallique mobile et formant la sole. Une ouverture rectangulaire permet à l'électrode verticale de descendre dans le creuset.

M. Albert Keller a modifié les fours Gin et Leleux et présenté, au troisième Congrès international de l'acétylène, un nouveau système de four qui réalise, théoriquement du moins, d'incontestables progrès.

Il appartient à la classe des fours à incandescence ou à résistance superficielle.

Les électrodes y sont disposées verticalement, en série parallèle.

La sole est formée d'un lit de briques réfractaires, recouvertes de charbon ou d'un autre corps conducteur, et n'a aucune action électrique.

Le four fonctionne avec deux foyers bien distincts, entre lesquels les matières interposées servent de conducteur. Au fur et à mesure que fondent ces matières, on lève les électrodes, afin de maintenir la fusion constante : l'une des deux électrodes est déplacée verticalement et horizontalement, suivant une composante oblique descendante.

L'opération terminée, on procède à la coulée, en enlevant un simple tampon (1).

Tous les fours dont la description sommaire vient d'être rappelée sont mis en œuvre par de puissantes dynamos.

Il ne semble pas que l'on puisse obtenir des rendements aussi satisfaisants avec des machines à courants continus qu'avec des moteurs à courants alternatifs. Les premières ont été d'abord exclusivement employées ; mais elles avaient souvent à souffrir des brusques variations de résistance qui se produisaient dans la marche des fours.

(1) *Troisième Congrès international de l'acétylène*, pp. 172-173.

De plus, les actions électrolytiques, dont l'influence, inhérente à l'emploi du courant continu, se faisait inévitablement sentir, nuisaient à l'opération.

On a donc été conduit à recourir aux moteurs à courant alternatif, qui conviennent davantage aux fours électrothermiques. Il faut néanmoins rappeler que l'emploi de ces machines donne lieu, en certaines circonstances, à des inconvénients graves. Si les alternateurs commandent des fours à arc, l'arc étant inductif, il peut se produire un décalage du courant qui provoque une chute de tension souvent considérable.

Les courants alternatifs peuvent être *monophasés* ou *polyphasés*. Les premiers permettent indifféremment de placer les fours *en tension* ou *en quantité* ; mais le groupement en série convient moins aux fours à arc, qu'il rend sujets à des variations brusques, notamment à l'allumage, tandis qu'il est très avantageux pour les fours à résistance.

M. Bertolus, de Saint-Étienne, a le premier utilisé, pour la fabrication du carbure de calcium, les courants triphasés. Son four se compose de trois électrodes, respectivement réunies aux trois bornes de la dynamo. Le retour peut se faire ou non par une seule et même sole.

MM. Gin et Leleux ont ainsi, en 1897, employé dans un même four quatre paires de charbon, donnant naissance à quatre arcs, sous lesquels se déplaçait une sole mobile à mouvement hélicoïdal.

Dans l'usage des alternateurs polyphasés, on peut utiliser, simultanément ou séparément, les différentes phases des courants : il est toutefois plus avantageux de les séparer et de faire fonctionner les fours comme monophasés. Chacun des fours est alors constitué par une sole et une électrode verticale mobile ; les trois soles sont réunies aux trois bornes, les électrodes au pôle neutre de la dynamo. On a ainsi, avec une seule machine, trois circuits

indépendants, et on réalise néanmoins une importante économie de cuivre dans les canalisations, dont la section peut être plus faible pour le retour.

II

RÉGIME ÉLECTRIQUE DES FOURS

Les fours employés à la fabrication du carbure de calcium utilisent des courants de faible tension et de haute intensité.

La tension est de 50 à 60 volts dans les fours à arc. Elle peut descendre à 25 volts dans les fours à résistance, et monter de 80 à 100 dans les fours à incandescence. Elle varie donc suivant le type du four, mais aussi suivant la matière à traiter.

L'intensité dépend de la puissance du moteur et de la température à obtenir. On a atteint jusqu'à 5000 ampères dans les fours Cowles, ce qui donne, à 60 volts, 300 kilowatts.

Les fours à un seul arc et à deux électrodes mobiles marchent d'ordinaire, pour la fabrication du carbure de calcium, à l'intensité de 1000 à 2500 ampères, sous une tension d'environ 50 volts, et produisant 50 à 125 kilowatts.

Suivant que l'on réunit dans le même four, deux, trois, quatre arcs, cette puissance est doublée, triplée, quadruplée.

On obtient dans les fours à un seul arc et à une électrode verticale mobile à grande section, de meilleurs rendements. On arrive couramment à 300 kilowatts, représentant une intensité de 6000 ampères.

Cette intensité est beaucoup plus élevée dans les fours à résistance, les fours Gin et Leleux, par exemple, où la

suppression de l'arc rend la tension très faible. Elle peut atteindre jusqu'à 10 000 ampères.

Il en est de même, d'après M. Keller, pour les fours à incandescence, où, avec un courant de 10 000 ampères, on obtient 1000 kilowatts.

Il va sans dire que de pareilles intensités rendent totalement impossible l'usage du coupe-circuits sur la canalisation. L'électrode mobile du four tient lieu d'interrupteur. Il faut donc la manœuvrer avec grande attention, car si elle venait à être mise brusquement hors circuit, la machinerie hydro-électrique pourrait en souffrir, par suite du manque subit de résistance.

Pour éviter ces brusques décharges, il est très utile de mettre plusieurs fours sur le circuit. Si l'arrêt de l'un entraîne une variation, elle ne sera généralement pas de nature à porter préjudice aux dynamos ou aux turbines (1).

III

CLASSIFICATION

La découverte du carbure de calcium a donné, on le voit, un grand essor au développement du four électrique, et en a suscité de nombreux modèles. Chaque usine importante a son système propre. Nous avons mentionné les plus remarquables. Tous les autres peuvent se réduire à trois principaux groupes :

1° Les *fours à arcs*, dérivés des types Siemens et Moissan ;

2° Les *fours à résistance*, construits sur le modèle du four Héroult ;

3° Les *fours à incandescence*, basés sur le premier type des fours Cowles.

(1) Cf. A. Keller, *les Fours électriques*, p. 6.

M. A. Keller a étudié en détail ces différents appareils. Nous ne pouvons en donner ici qu'une classification sommaire (1).

I. — Fours à arc

Les fours à arcs tirent leur nom de la puissante étincelle qui jaillit entre les deux électrodes à la rupture du courant.

Ils présentent un ou plusieurs arcs, dont les électrodes peuvent être : l'une fixe, l'autre mobile, ou mobiles l'une et l'autre.

1° — FOURS A UN SEUL ARC

1° *Fours à deux électrodes mobiles.* — Dans ces fours, les électrodes, inclinées d'ordinaire, sont le plus souvent mobiles au-dessus du creuset, qui reçoit la matière à traiter.

Certains types offrent une disposition contraire : la matière est amenée au-dessous de l'arc.

Exemples : Fours Patin (usine de Vallet-les-Bléré) ; fours de la *Deutsche Gold und Silberscheide Anstalt* (usine de Saint-Michel-de-Maurienne) ;

2° *Fours à une électrode mobile.* — Ces appareils présentent le dispositif suivant :

L'électrode mobile est verticale ; le fond du four, ou *sole*, est en charbon et forme la deuxième électrode, qui est fixe. L'arc jaillit d'abord entre les deux et fond la substance en traitement, qui fait ensuite elle-même office de pôle.

Exemples : Fours Siemens et Halske (usine d'Arudy) ; fours de la Société des carbures métalliques (Exposition universelle de 1900).

(1) A. Keller, *les Fours électriques*. Rapport présenté au Congrès international d'électricité de 1900.

2° — FOURS A PLUSIEURS ARCS

Les fours à arcs multiples ont été imaginés dans le but de répartir d'une façon uniforme les effets calorifiques de l'arc dans toute la masse soumise à l'action du courant électrique.

Exemples : Les plus connus sont les fours Bertolus à courant triphasé. Ils comprennent trois charbons mobiles pouvant se déplacer au-dessus de la sole, et donnant naissance à trois arcs distincts.

Les systèmes Nicolai, Bovy, Memmo sont basés sur le même principe.

II. — Fours à résistance

Dans les fours à arc l'électrode supérieure est toujours séparée de la matière à traiter : dans les fours à résistance elle plonge au sein de la masse en fusion.

La tension est beaucoup plus faible dans ces derniers ; mais l'intensité du courant y est plus grande et requiert dans les canalisations des sections plus fortes.

Exemples : Fours Gin et Leleux (usines de Kerrouse, Villelongue, etc...).

III. — Fours à incandescence

Les fours à résistance, dont nous venons de parler, présentent cet inconvénient que le courant électrique doit traverser en entier la matière déjà traitée. Il en résulte des pertes de force occasionnées par la résistance qu'oppose au courant cette matière, pertes souvent très appréciables.

Pour y remédier on emploie les fours à incandescence ou à résistance superficielle.

Dans ces fours les électrodes doivent, pour livrer pas-

sage au courant, être réunies par une série de morceaux de charbon ou par d'autres substances conductrices. Les conducteurs sont portés, sous l'action du courant, à une vive incandescence et forment une sorte de lit de fusion où sont placées les matières à traiter.

Ce type dérivé du deuxième four Cowles précédemment décrit, paraît avoir trouvé sa plus parfaite réalisation dans le four A. Keller, dont nous avons plus haut esquissé à grands traits la description (1).

ÉDOUARD CAPELLE.

(1) Nous indiquerons comme bibliographie à ceux qui voudraient avoir de plus amples détails sur l'histoire, les progrès, l'usage des fours électriques les trois ouvrages suivants : M. Moissan, *Le four électrique*. Paris, Steinheil, 1899. — A. Minet, *Traité théorique et pratique d'électro-métallurgie*. Paris, Ch. Béranger, 1901. — E. Capelle, *L'éclairage à l'acétylène*. Paris, Retaux, 1902.

LES

PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE

ET

LES IDÉES DE HERTZ

« Newton a été le plus grand génie et aussi le plus heureux : on ne trouve qu'une fois un système du monde à établir. »

Lagrange, par ces mots, semblait déplorer d'être venu sur terre après le fondateur de la Mécanique céleste, n'ayant plus, ainsi, *un monde à découvrir*.

Mais cette boutade, sans doute, n'était pas bien sérieuse. Quelque enviable, en effet, que soit la gloire des grands précurseurs, peut-on vraiment, fût-on Lagrange, regretter, étant né bien après Descartes, après Leibniz, après Newton,... de jouir par là même de l'inestimable privilège de « penser leur pensée » ?

Est-il chose plus séduisante, quelque grand que l'on soit, que de vivre dans l'intimité des hommes de génie par l'étude de leur œuvre ? Est-il désir plus brûlant, passion plus noble, plus pure et plus émouvante que celle qui nous pousse à chercher, à l'aide de la pensée des grands esprits, à nous faire quelque idée rationnelle des choses qu'il est donné à l'intelligence humaine de contempler ?

Nous venons de ressentir plus vivement que jamais ces sentiments en lisant l'œuvre posthume du grand physicien

Heinrich Hertz : *Die Principien der Mechanik in neuem Zusammen hange dargestellt.*

C'est à cette question des fondements de la Statique et de la Dynamique que sont consacrées ces pages. Une telle étude exigerait, sans doute, une maturité d'esprit que nous ne possédons pas, et plus d'un, en nous lisant, nous comparera peut-être à un écolier qui serait entré dans la bibliothèque d'un grand savant, aurait feuilleté quelques volumes, regardé tourner quelques appareils et, bien vite, irait raconter ses impressions...

Cette comparaison serait juste. Mais du moins l'on reconnaîtra aussi, nous l'espérons, une absolue sincérité d'abord, et ensuite une admiration passionnée pour toute la lignée des génies illustres qui ont fondé la Science et pour les maîtres contemporains qui sont le trait d'union entre les grands morts et les jeunes amis de la pensée spéculative.

Il semble que l'on reconnaît bien, dans le progrès scientifique, deux mouvements distincts :

Quelques génies prodigieux, comme par une communion plus étroite de *leur esprit* avec *les choses*, viennent, de loin en loin, nous découvrir les grandes lignes d'un Univers insoupçonné.

Leurs idées, leurs méthodes se développent. Mais un moment arrive où des difficultés, des contradictions même, apparaissent : un retour en arrière sur les principes adoptés s'impose.

Dans la fièvre de l'invention le précurseur s'était abandonné, pour ainsi dire, pieds et mains liés, à ses larges intuitions — et il le fallait, parce que trop d'esprit critique, pendant cette période, l'eût irrémédiablement perdu. Plus tard, alors qu'une certaine quantité de matériaux a été amassée et ordonnée — mais un peu irrégulièrement — ceux qui voudront poursuivre l'œuvre devront, de toute nécessité, faire une étude approfondie des fondements.

Ce travail, indépendamment de sa valeur philosophique et esthétique, est indispensable à la marche en avant de la science.

« Il y a lieu d'espérer, disait M. Émile Picard (1), que l'étude des principes, qui tient aujourd'hui tant de place, aboutira à quelques résultats importants. »

Ainsi donc : mouvement en avant avec une entière hardiesse, retour philosophique sur les hypothèses et les méthodes, telle est la double attitude d'une science qui progresse et se perfectionne.

Nous consacrerons ces pages à ce deuxième point de vue.

La Mécanique est l'étude du *mouvement local* des corps, l'équilibre étant un cas particulier, celui où le mouvement est nul.

Tout dernièrement encore, dans la Revue des Questions scientifiques (2), M. Duhem a exposé magistralement les principes d'une *Mécanique* ou *Physique générale* comprenant l'étude du mouvement, ce mot étant pris dans l'acception très compréhensive de changement : changement d'état électrique, calorifique, aussi bien que changement de position dans l'espace.

Nous ne parlerons ici que de *Mécanique pure*, de mouvement local.

Ce n'est pas méconnaître tout ce qu'il y a de supérieurement intéressant dans les idées de M. Duhem que de se placer à un point de vue plus restreint, plus exclusif.

La science procède toujours par *approximations successives* : la science du mouvement local est une première approximation. Elle présente, certes, assez de sérieuses difficultés pour nous retenir, à elle seule, pour l'instant.

Nous résumerons d'abord les idées classiques pour examiner ensuite deux conceptions modernes.

(1) Bulletin des Sciences mathématiques, 1901.
(2) 20 juillet 1901.

SYSTÈME CLASSIQUE

DÉVELOPPEMENT DE LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

Archimède a fondé la Statique. La Dynamique date du jour où Galilée a commencé une étude systématique du *point pesant*, introduisant les notions d'*accélération*, d'*inertie*, de *composition de mouvements*.

Huygens poursuit son œuvre, Newton conquiert le Ciel en regardant les planètes comme des *points attirants*. Jean Bernouilli, dès l'année 1717, énonce dans sa généralité le *Principe des travaux virtuels*, fondement de la Statique, vaguement entrevu auparavant par Descartes, et qui avait déjà servi à Galilée à trouver les conditions d'équilibre de toutes les machines simples. D'Alembert donne le moyen d'étendre le Principe de Jean Bernouilli à la Dynamique. Maupertuis énonce le *Principe de la moindre action* (élargi par Hamilton), et Gauss énonce le *Principe de la moindre contrainte*. Euler et Lagrange fondent la Mécanique analytique. Poisson, Hamilton, Jacobi donnent des *formes canoniques* aux équations.

Telle est, à grands traits, l'histoire de la Mécanique, au point de vue philosophique.

Nous ne parlons pas de la Cinématique, que nous regardons avec Ampère comme une Géométrie.

L'équation fondamentale de la Mécanique classique est l'*égalité géométrique* :

$$(1) \quad F = M . J$$

$$\text{force} = \text{masse} \times \text{accélération}.$$

L'équation (1) traduit le principe de l'*Inertie*, mais l'on ne s'entend pas sur la signification à donner à ses termes.

Kirchhoff dit : « l'équation (1) c'est la définition de la force ». M étant la *masse* définie par une balance ; J étant l'*accélération* évaluée par rapport à une horloge parfaite et

par rapport à un trièdre absolument fixe, l'équation (1) *définit* la force F.

Lagrange dit : « la force est la *cause* qui produit ou tend à produire un mouvement ». La force est ici un *concept premier*, tiré de la notion d'effort musculaire, d'attraction, de répulsion. L'école de Lagrange mesure donc la force par ses effets *statiques* tels que la déformation d'un ressort d'acier. Puis elle admet, ou tente de démontrer *à priori* ou expérimentalement, qu'*un même* corps, sous l'action de forces f, f', f'',... prend des accélérations j, j', j'',... proportionnelles respectivement à ces forces. D'où :

$$(2) \quad \frac{f}{j} = \frac{f'}{j'} = \ldots = \text{constante}.$$

La constante, c'est, *par définition*, la masse du corps.

Les uns et les autres posent l'égalité (1), mais chacun la comprend à sa manière.

Les uns et les autres posent ensuite le principe de l'*Indépendance* des forces :

(I) « Les forces F s'ajoutent géométriquement ». Nous ferons plus tard une remarque à ce sujet. L'on formule enfin le principe *Action-Réaction* :

(II) « Deux points en contact ou non, exercent l'un sur l'autre des forces égales et contraires ».

Comme l'égalité géométrique (1), le principe (I) est compris différemment par l'ancienne école classique (la force est *cause*...) et par la nouvelle école classique (la force n'est qu'une *métaphore*...). Quant au principe (II), pour deux corps, comme deux astres, éloignés l'un de l'autre, la nouvelle école dira simplement : les deux astres ont des accélérations dirigées suivant la droite qui joint leurs centres de gravité et en raison inverse de leurs masses. L'ancienne école parlera d'attraction effective.

Pour deux corps au contact, indéformables, le principe (II) est un postulat sur la *liaison* des deux corps, une définition de cette liaison.

Enfin, pour deux corps en contact et dont l'un est parfaitement élastique, le principe (II) nous permet de juger si deux forces sont égales. C'est une partie de la définition de la force statique, comme l'ont dit M. H. Poincaré (1) et M. Mansion (2).

L'équation (1) définit, pour l'école nouvelle, la force dynamique ; elle n'a plus *aucun sens* pour la force statique, pour ces actions, par exemple, dont une certaine combinaison maintient une machine au repos. L'école nouvelle définira donc la force statique par le dynamomètre et le principe (II).

L'école ancienne suppose toujours la force, statique ou dynamique, définissable par le dynamomètre et le principe (II) puisque, pour elle, dans l'équation (1), F est non plus un certain vecteur (comme pour Kirchhoff) mais une chose réelle, cause de mouvement, une force statique.

L'école nouvelle, pour être logique, doit *séparer* totalement la Statique de la Dynamique.

Pour l'école ancienne la première science est un cas particulier de la seconde, le cas où les diverses causes de mouvement appliquées à un corps se neutralisent, mais aussi elle admet très arbitrairement l'identité de la force statique et de la force dynamique. Par exemple un obus se meut dans l'air, son accélération à l'instant t est J (t) ; formons la fonction

$$f(t) = \mathrm{M} \,.\, \mathrm{J}\,(t),$$

l'école ancienne admet, pour ainsi dire, qu'à chaque instant t et dans la direction de J (t) l'obus est tiré par un ressort dont la force statique est $f(t)$.

Cela étant, quelle que soit notre conception de la force, les forces sont pour le mécanicien des vecteurs se composant géométriquement (règle du parallélogramme). A l'aide

(1) REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 30 sept. 1897.
(2) ANNALES DE LA SOC SCIENT. DE BRUXELLES, 1891-1892 1re partie, pp. 81-85.

de quelques postulats l'on obtient alors la composition des forces parallèles, la théorie des *couples* (Poinsot), le théorème des *moments* (Varignon), le théorème relatif à la dérivée de la somme des moments des *quantités de mouvements*, la loi des *Aires*.

Si l'on a affaire à un *système de points*, l'on traite comme un *point unique* le centre de gravité et l'on étudie ensuite le mouvement autour du centre de gravité (Euler, Poinsot).

Si l'on introduit la notion *mécanique* de travail, on relie mathématiquement le travail à la force vive qui est une expression mathématique dépendant des masses et des vitesses.

L'on arrive alors au *Principe des travaux virtuels*, ou des *vitesses virtuelles*.

Pour un système *sans liaisons* le principe est celui du levier. Pour un système *à liaisons*, mais *sans frottement*, le principe équivaut au principe relatif au cas où il n'existe pas de liaison avec adjonction d'un *postulat* sur la liaison sans frottement, d'une *définition* de cette liaison. Ce principe s'énonce, en effet, ainsi :

« Pour qu'un système soit en équilibre dans une position A, il faut et il suffit que pour un déplacement virtuel infiniment petit, à partir de la position A, la somme des travaux des forces *directement appliquées* soit nulle. »

Lagrange appréciait ainsi ce principe (1) : « En général, disait-il, je crois pouvoir avancer que tous les principes généraux que l'on pourrait peut-être encore découvrir dans la science de l'équilibre ne seront que *le même principe*, envisagé différemment... Il a, de plus, l'avantage précieux et unique de pouvoir se traduire en *une formule générale*... »

Voici donc toute la Statique condensée en une belle formule dont l'interprétation, d'ailleurs, sera différente

(1) *Mécanique analytique*, première partie, § 17, cité par M. Appell : *Mécanique*, t. I, p. 225.

pour l'école classique ancienne et l'école classique nouvelle.

D'ailleurs toutes les difficultés relatives à l'égalité géométrique (1) vont reparaître à l'occasion du *Principe de d'Alembert*, synthèse parfaite des équations de la Dynamique et comprenant, comme cas particulier, le principe précédent.

Soit un système en mouvement, soit m_i une masse et soit j_i son *accélération réelle* dans le mouvement, soit F_i la résultante des forces appliquées au point m_i (F_i peut être *identiquement nul* pour certains points).

Le principe s'énonce :

« Étant données des liaisons sans frottement il y a équilibre entre le système des vecteurs : F_i et le système des vecteurs : $-m_i j_i$ ».

Pour un système *sans liaisons* c'est une tautologie : pour un point libre, par exemple, écrire :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = X(x, \ldots t, \ldots)$$

ou écrire :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} - X = 0$$

c'est exactement la même chose.

Pour un système *à liaisons sans frottement* le principe renferme ce *postulat* que, à chaque instant t, *certaines composantes* des F_i *annihilées* par les liaisons, *forment un système en équilibre* — si l'on veut c'est une définition des liaisons, des forces perdues sur les liaisons. — Et, ce postulat posé, il reste un système sans liaisons sous l'action des *composantes actives* des F_i et alors le principe est clair.

L'équation générale de la Mécanique sans frottements est donc l'équation des vitesses virtuelles où l'on introduit les forces *fictives* dites forces d'*inertie* : $-m_i j_i$, c'est :

(1) *Mécanique analytique*, première partie, § 17, cité par M. Appell : *Mécanique*, t. I, p. 225.

$$(3) \quad \Sigma \left[\left(F_x - m \frac{d^2x}{dt^2} \right) \Delta x + \left(F_y - m \frac{d^2y}{dt^2} \right) \Delta y + \left(F_z - m \frac{d^2z}{dt^2} \right) \Delta z \right] = 0.$$

La somme s'étend à toutes les masses m dont se compose le système; les déplacements sont compatibles avec les liaisons.

Nous avons supposé *essentiellement nulles* certaines actions dues aux rugosités des corps en contact : les *frottements*. Quelqu'intéressante que soit la Dynamique analytique des systèmes à frottement édifiée par M. Painlevé il est permis de se demander si, dans cette théorie, l'on ne doit pas, dès l'abord, entrer hardiment dans le domaine de la Thermodynamique. En tout cas nous excluons ici les frottements (1), pour nous limiter strictement aux phénomènes les moins complexes.

L'équation (3) est la traduction du postulat de d'Alembert, sur les forces perdues, et du principe des travaux virtuels. Comment l'interprétera l'école ancienne?

Pour elle, les F_x, F_y,..., composantes des forces F_i, sont des forces statiques tendant à produire des mouvements ; les quantités : $-m \frac{d^2x}{dt^2}$,... projections des vecteurs : $-mj$... sont aussi des forces statiques réelles.

L'équation (3) exprime donc un équilibre de forces statiques.

L'école classique nouvelle doit, ce me semble, considérer une *force donnée* F au point de vue suivant : c'est une « chose » telle qu'un point de masse m prendrait, sous son action, une accélération :

$$j = \frac{F}{m} \quad \text{(égalité géométrique).}$$

Nous retrouvons la difficulté qu'éprouve cette école

(1) M. Painlevé, *Leçons sur le frottement*, chez Hermann. — P. Duhem, *Frottement, viscosité*... MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX et *Traité de Mécanique chimique*, chez Hermann.

à relier la force statique à la force dynamique. Avouons que tout cela est d'une effrayante *obscurité*.

D'ailleurs au point de vue même *purement technique*, l'équation (3), donnée dans un grand nombre de traités classiques, appelle quelques remarques essentielles.

Remarques sur l'Équation fondamentale (3)

La direction du fil à plomb, parallèle à la trajectoire d'une pierre tombant en chute libre nous permet, dans le système classique, de regarder l'action communément appelée « pesanteur » comme une force statique ou dynamique, *verticale* en un lieu déterminé.

Cela dit, je prends une demi-sphère creuse et une bille, beaucoup plus petite, se mouvant sur la surface. Si la demi-sphère tourne sa concavité vers le haut, la bille viendra se placer en équilibre au point *le plus bas* de la surface intérieure. L'expérience montre que l'équilibre est *stable*. Or, pour tout déplacement compatible avec la liaison, le travail virtuel de la force directement appliquée est, *non pas nul*, mais ≤ 0. Si la demi-sphère tourne sa convexité vers le haut, la bille aura, au point *le plus haut* de la surface externe, un équilibre, mais *instable;* et un travail virtuel compatible avec la liaison est, *non pas nul*, mais ≥ 0.

Je conclus que le principe des travaux virtuels doit être précisé ainsi :

1° Il n'est question que d'équilibre STABLE.

2° La somme des travaux virtuels doit être NULLE ou NÉGATIVE.

3° Cette somme doit être NULLE dans le cas où les liaisons sont RENVERSABLES, c'est-à-dire lorsque, un déplacement virtuel étant possible, le déplacement opposé est encore compatible avec les liaisons (1).

(1) M. Appell, dans son beau *Traité*, ne donne que le signe =. Il postule

La formule générale de la Dynamique, comprenant, comme cas particulier, celle de la Statique, sera donc :

$$(4) \quad \Sigma\left[\left(F_x - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\Delta x + \ldots + \ldots\right] \leq 0$$

si nous ajoutons encore au postulat de d'Alembert en posant que l'équilibre des forces F et — *mj* est *stable*. Mais ce mot conserve-t-il ici un sens bien précis ?

Diverses formes de l'Équation générale (4)

La formule fondamentale (4) peut être remplacée par le *Principe de la moindre contrainte* de Gauss.

Soit M à l'instant t la position de l'une des masses m d'un système matériel. Soit θ un intervalle de temps assez petit. Au temps $t + \theta$, la masse m est venue réellement en M'', étant données les forces et les liaisons. Si, à partir de la position M, toute action extérieure avait cessé, M serait en M' à l'instant $t + \theta$.

Soit enfin P une position compatible avec les liaisons au même instant, l'inégalité (4) donne :

$$(5) \quad \Sigma m\overline{PM'}^2 > \Sigma m\overline{M''M'}^2$$

Appelons *contrainte* la somme des produits $m \times \overline{PM'}^2$, nous traduirons (5) en disant, avec Gauss, que, sous l'influence des forces et des liaisons données, le mouvement d'un système est tel que « la contrainte soit minima. »

De l'égalité (4) ou formule (3) l'on déduit, d'ailleurs, les *Équations de Lagrange* constamment employées.

L'on en tire aussi le *Principe d'Hamilton :*

Soit un mouvement dans lequel la masse m est en A au

donc implicitement que les liaisons sont renversables. M. Andrade, dans ses *Leçons* donne le signe $<$; mais je ne crois pas que l'on ait jamais fait la remarque relative à la *stabilité* et à la distinction, par suite, de la *Statique stable* et de la *Statique instable*.

temps t_0, en B au temps $t_0 + \theta$: au temps t, intermédiaire la masse m a pour coordonnées x, y, z.

Considérons un mouvement virtuel voisin, de A en B, compatible avec les liaisons : au temps t, m aurait pour coordonnées $x + \Delta x$, ... soient F_x, ... les composantes de la force agissant sur m au temps t, T la demi-force vive du corps à cet instant, ΔT la variation correspondant à Δx ... L'on a ce principe :

$$(6) \quad \Delta J = \int_{t_0}^{t_0+\theta} [\Delta T + \Sigma (F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z)]\, dt = 0.$$

On sait que l'on dit qu'il y a *fonction des forces* si l'on a :

$$\Sigma (F_x \Delta x + \ldots + \ldots) = \Delta U, \text{ différentielle exacte.}$$

Dans ce cas le principe est le suivant, soit :

$$(6') \quad J = \int_{t_0}^{t_0+\theta} (T + U)\, dt,$$

« ΔJ est nul pour le mouvement réel (Hamilton), et J est *minima* si θ est assez petit (M. Darboux) ».

S'il y a fonction des forces et si, en plus les liaisons ne dépendent pas du temps, l'on obtient un principe *très important* quoique *moins général* que celui d'Hamilton, le *Principe de la moindre action* indiqué par Maupertuis, appliqué par Euler, étudié par Laplace, Lagrange, Poisson, par Jacobi surtout et par Helmholtz (1). Comme nous aurons à en parler, dans la troisième partie, énonçons-le seulement pour *un point*. L'intégrale des forces vives est :

$$mv^2 = 2\,[U(x, y, z) + h].$$

Comparons deux mouvements *voisins* de A en B, l'un *réel*, l'autre *possible*, pris *avec la même constante h*, soit :

$$(7) \quad A = \int_{(A)}^{(B)} \sqrt{2\,(U + h)}\, ds.$$

(1) SITZUNGSBERICHTE de l'Académie des Sciences de Berlin, 1887.

Tel est le principe : « le mouvement réel est celui pour lequel $\Delta A = 0$, A étant minimum si A et B sont deux points assez voisins (M. Darboux) ».

D'autre part, des célèbres *Équations de Lagrange* l'on peut déduire, par les transformations de Poisson et Hamilton, les *Équations canoniques* très employées en Mécanique céleste, et dont nous reparlerons.

Nous pensons avoir actuellement résumé l'exposition des *principes* de la Mécanique classique, le mot « principe » étant entendu dans le sens de « notion principale », particulièrement importante au point de vue des fondements de la science.

Nous avons insisté sur les difficultés logiques qu'entraîne l'interprétation de l'égalité (1) et de la formule (4), sur la *confusion inextricable* des deux concepts de *force statique* et de *force dynamique* dans le système classique de Lagrange comme dans le système classique de Kirchhoff.

Nous devons maintenant parler des divers modes d'exposition du système classique qui ont été proposés dans ces dernières années, en mettant de côté, seulement pour l'instant, l'étude des idées de M. H. Poincaré.

LES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE CLASSIQUE D'APRÈS MM. BOLTZMANN, PICARD, ANDRADE

Point de départ de M. Boltzmann

Les idées de M. Boltzmann (1) sont conformes à celles de Kirchhoff, en ce que la *force* n'intervient pas comme notion première, dans son système. Il pose l'existence de n points matériels. Le point (i) aura une accélération résultante des $(n - 1)$ accélérations partielles dirigées suivant les droites $(i, 1)$, $(i, 2)$, ... (i, n).

L'accélération qu'imprimerait le point (k) sur le point

(1) Voir plus loin la référence.

(i), égale et contraire à l'accélération que (i) imprimerait à (k), dépendrait *seulement* de la distance $r_{i,k}$ des deux points; un système unique de rapports pourrait être adopté, d'où la *définition unique* de la *masse relative* de chaque point.

Ce mode d'exposition est certainement *parfait* pour la Mécanique céleste, *excellent* pour certaines théories physiques, telles que la *Théorie cinétique des gaz;* il satisfait notre besoin de « clarté », il ravit presque notre imagination.

Mais est-on bien certain qu'il n'existe que des forces centrales? Et dans ce système ne trouve-t-on pas la difficulté signalée relative à la séparation de la Statique et de la Dynamique?

Point de départ de M. Picard

Le mode d'exposition précédent dérivait d'idées « astronomiques »; celui dont nous allons dire un mot (1) dérive nettement d'idées « physiques ».

Une petite boule magnétique ou électrisée est capable de certains effets appréciables sur certains corps qui ne sont pas trop lointains. L'ensemble des points de l'espace où ces actions sont possibles constitue le *champ de force* de la boule. La Terre, aussi, crée un champ tout autour d'elle et, à condition de considérer un volume assez petit, à sa surface, l'on peut dire que l'on a un champ *constant :* tous les corps, en chute libre, prennent la même accélération constante g.

Retenons un corps A, dans sa chute, par un ressort parfait, nous mesurons une force statique F_A. Retenons, dans le même champ, avec le même dynamomètre un corps B : nous mesurons une force statique F_B. Nous

(1) ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE, 1900. Paris, Carré et Naud.

définirons les masses M_A et M_B comme proportionnelles à F_A et F_B.

Voilà pour le premier champ constant C_1.

Transportons A et B dans un deuxième champ constant C_2 d'accélération γ. Les forces statiques seront Φ_A et Φ_B.

Nous trouverons expérimentalement ou nous postulerons que l'on a $F_A : g = \Phi_A : \gamma$ et d'autre part nous trouverons que Φ_A et Φ_B sont proportionnels aux nombres M_A et M_B. Il en résulte :

$$\frac{F_A}{\Phi_B} = \frac{M_A}{M_B} \times \frac{g}{\gamma}; \quad \frac{\Phi_A}{F_B} = \frac{M_A}{M_B} \times \frac{\gamma}{g}$$

d'où, par un choix convenable d'unités, la formule fondamentale :

$$(1) \quad F = MJ$$

et l'on passe, par la méthode infinitésimale, aux *champs variables*.

Cette considération des champs permet d'éviter la conception naïve de la force comparée à une locomotive que l'on attèle à son gré à un train.

L'école du fil

Dans tout ce qui précède, avec de grandes divergences de conception des choses de la Mécanique, les phénomènes étaient repérés par une *horloge absolue* dans un *espace absolu*.

Or, nous ne pouvons pas plus mesurer un temps absolu que fixer un point par rapport à un trièdre absolument fixe.

M. Andrade (1) remplace ces *deux* absolus par *un* seul, la force statique qu'il regarde comme *essentiellement com-*

(1) *Mécanique physique*. Paris, 1898, Société d'éditions scientifiques. — En ce qui concerne le *Temps*, voir un article fondamental de M. H. Poincaré dans la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE, en 1898.

parable toujours à une traction qui allonge un *fil*. Il se rattache ainsi, par un côté, à l'école de Lagrange. D'autre part, il élargit le point de vue de Reech en considérant les corps non plus comme immobiles primitivement dans l'espace absolu, mais bien comme étant soumis à l'origine, à un certain déterminisme : *le cours naturel des choses* (1) — les forces venant troubler ce cours naturel et non pas tirer les corps de leur état d'inertie absolue.

A la formule classique :

« La force qui agit sur une masse donnée est proportionnelle à l'accélération (dans l'espace absolu) »,

M. Andrade, avec Reech, substitue celle-ci :

« La force (perturbatrice) est proportionnelle à la variation d'accélération dans le mouvement troublé ».

Les masses sont définies par des phénomènes de percussion et le temps absolu est défini surabondamment au moyen d'une horloge quelconque (2).

Ce système n'est certes point banal, il est supérieurement intéressant.

A l'encontre des modes d'exposition de MM. Boltzmann et Picard, celui de M. Andrade est nettement *anthropomorphique*.

« Cette définition de la force, dit M. Poincaré, est tout aussi *conventionnelle* que celle de Kirchhoff, mais elle est beaucoup moins générale ... Les idées de M. Andrade n'en sont pas moins très intéressantes ; si elles ne satisfont pas notre besoin de logique, elles nous font mieux comprendre la genèse historique des notions mécaniques fondamentales. »

Nous laisserons là, pour l'instant, le système classique et ses diverses variantes.

(1) Ce cours naturel, pour un corps assez petit, dans un champ assez petit à la surface de la Terre, serait le mouvement à accélération constante, en grandeur et direction (voir page 84).

(2) M. Lippmann a défini de même la température absolue au moyen d'un thermomètre quelconque.

SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

« Il y a vingt-cinq siècles que les philosophes grecs ont enseigné comme un axiome de Métaphysique la pensée que rien ne sort de rien et que rien ne rentre dans le néant. Il a fallu juste ces vingt-cinq siècles pour que cette pensée sortît des rêves de la Métaphysique pour entrer dans le domaine de la certitude et de la précision scientifiques, c'est-à-dire pour devenir *féconde* ».

Ces paroles ont été récemment prononcées par M. Maurice Lévy (1). Cette « chose » qui serait une constante, pour un système *libre*, c'est ce que nous appelons aujourd'hui l'*énergie*.

La théorie énergétique est fondée sur les prévisions de Sadi Carnot et de Robert Mayer et sur les expériences de Joule relatives à *l'équivalent mécanique* de la *calorie*. Helmholtz a posé les bases du système énergétique dans son mémoire célèbre de 1847 (2).

L'origine du système est donc dans les travaux de la Physique mathématique. Nous devions le rappeler dans cette étude de pure Mécanique car si, dans cette science l'on peut parler aujourd'hui d'un système énergétique, opposé au système classique, c'est à la Physique générale que nous le devons. Sans les travaux de Carnot et Mayer, de Joule et de tous les fondateurs de la Thermodynamique, la Mécanique pure n'aurait pu oser prendre pour point de départ le concept d'énergie à la place du concept de force.

Elle peut le faire aujourd'hui, semble-t-il, en posant d'abord le *Principe de la conservation de l'énergie*, et en y adjoignant un principe qui fasse intervenir le temps, par exemple, le *Principe d'Hamilton*.

Si nous prenons, par exemple, un pendule simple, le

(1) Séance publique annuelle de l'*Académie des Sciences*, 17 déc. 1900.

(2) La *Mécanique énergétique* n'a jamais été développée en détail. Nous en donnons le *plan général*, d'après Hertz.

système énergétique rend compte de son mouvement exactement comme le ferait le système classique.

Dans le cadre du système énergétique rentre tout naturellement la question fondamentale de *la stabilité*, étudiée par Lagrange, Lejeune-Dirichlet, MM. Poincaré, Kneser, Liapounoff, Hadamard, Painlevé, Duhem...

Ce système, d'une manière générale, offre le très gros avantage de permettre facilement le passage de la Mécanique pure à la Physique.

Mais, le système est-il d'une parfaite clarté ?

« Le principe de la conservation de l'énergie, dit M. Poincaré (1), est une des conquêtes les plus récentes et *les plus précieuses* de la science ; il repose sur des expériences nombreuses, et pourtant on ne voit pas très bien comment on pourrait l'énoncer en l'érigeant en *principe absolu... Dans chaque cas particulier*, on voit bien *ce que c'est que l'énergie* ; mais il est *impossible d'en trouver une définition générale.* »

« S'il y a des lois, a dit encore M. Poincaré, il y a des constantes dans l'univers. Quelle constante appellerons-nous *énergie ?* »

La fécondité des idées énergétiques a été immense, il faut le proclamer hautement, plus grande encore que celle des idées classiques et *l'on ne peut*, en somme, *définir correctement ni la force, ni l'énergie !*

Beaucoup de philosophes gagneraient à se bien convaincre de ces *deux faits*, quelque étrange que puisse paraître leur coexistence (2).

Nous n'avons pas à insister en ce moment sur ce système que nous retrouverons à l'occasion des idées de Hertz, système dont l'exposition magistrale n'a jamais été écrite,

(1) Bibliothèque du *Congrès International de Philosophie*, t. III, p. 488. Paris, Colin.

(2) C'est Leibniz qui, le premier, a vu que l'énergie dépendait de mv^2 et non pas de mv comme le croyait Descartes. Voir, par exemple, les *Leçons synthétiques de Mécanique* par M. Boussinesq. Paris, Gauthier-Villars, 1889.

au point de vue de la Mécanique pure — et c'est là une lacune très certainement.

SYSTÈME HERTZIEN

Critique de Hertz

L'introduction de l'ouvrage posthume de Hertz (1) renferme d'abord une critique vigoureuse du système classique et du système énergétique, critique que nous allons exposer tout d'abord en suivant, pas à pas, la pensée profonde de l'immortel auteur des expériences sur les ondes électro-magnétiques.

La science, dit Hertz, a pour mission de créer des *images* des phénomènes de manière que *les conséquences* nécessaires déduites de la nature *des images* soient *les images des conséquences* du phénomène représenté d'abord.

Ces images doivent être, en premier lieu, *logiquement acceptables*, puis *exactes*, enfin *opportunes*. Une image est plus opportune qu'une autre si elle représente un plus grand nombre de rapports entre les choses, si elle est plus *compréhensive* : à égale compréhensivité l'image *plus opportune* est la *plus simple*.

C'est sur ce dernier caractère, l'opportunité, que les avis peuvent différer relativement à la valeur d'une théorie physique. Hertz montre d'abord combien est inextricable, dans le système classique, l'enchevêtrement des concepts de masse et de force : la masse d'une pierre, dans l'expérience de la fronde, agit à la fois comme *masse d'inertie*, sollicitant l'effort de la main pour être mue, et comme *force*, exerçant sur la main une force centrifuge, comme dit le langage classique.

Cette critique me paraît très forte, encore que Joseph

(1) Leipzig. Ambrosius Barth, 1894.

Bertrand ait dit d'elle, avec un peu de mauvaise humeur : « Un écolier qui, par ses réponses, rendrait possibles les objections que Hertz croit pouvoir adresser aux théories classiques serait noté d'une boule noire dans toutes les universités de l'Europe, non pour oser douter des théories enseignées, mais pour avoir négligé de les apprendre » (1).

Joseph Bertrand avait son siège tout fait lorsqu'il a lu le livre de Hertz, on le sent bien. Il semble que l'on puisse, que l'on doive même être troublé constamment en présence du langage classique lorsqu'on le voit encore, par exemple, en Astronomie, considérer la masse d'une planète comme *masse d'inertie* et en même temps comme *masse attirante*.

Il est vrai, qu'en Mécanique céleste, il est logique et possible de ne point parler de forces et de considérer la masse comme un coefficient numérique qui intervient dans une théorie *purement cinématique* (2).

Mais, dans la Mécanique terrestre, il paraît impossible à quiconque a abordé sérieusement ces questions, de ne pas dire avec M. Poincaré (3) : « Hertz n'a pas cherché à Galilée et à Newton une simple querelle d'Allemand... avec le système *classique* il est *impossible* de donner de la *force* et de la *masse* une *idée satisfaisante* ».

Hertz remarque aussi que le système n'exclut pas certaines *forces* ou *liaisons solides* (4) qui certainement ne se rencontrent pas dans la nature, quoiqu'étant d'ailleurs logiquement possibles.

Voici encore une objection d'un poids immense contre l'école de Kirchhoff. Un morceau de fer est en repos sur une table, cette école dira : pas de mouvement, donc pas de forces; or tous les physiciens savent que cette barre de fer subit des actions innombrables de la part de tout le

(1) Journal des Savants, 1895, page 475.

(2) Voir J. Andrade, ouvrage cité, et H. Poincaré, Revue générale des Sciences, 1897, p. 756.

(3) Revue générale des Sciences, article cité.

(4) Ce sont les liaisons entre les coordonnées des points, par opposition aux équations aux différentielles des coordonnées, non intégrables.

reste de l'univers et que l'une de ces actions pouvant se manifester isolément ferait voler le fer en éclats... Nous retrouvons la difficulté signalée au début de cette étude, à propos du passage de la Statique à la Dynamique.

Enfin, dit Hertz, depuis 1850 nous avons tous la conviction qu'il y a conservation de l'énergie d'un système isolé. Ce principe fondamental est passé sous silence dans le système classique. M. J. Andrade trouve convenable qu'il en soit ainsi.

M. H. Poincaré ne « comprend pas très bien ce qui empêche d'*annexer*, tout simplement, ce principe fondamental aux autres principes du système classique ». Je crois que Hertz aurait répondu à peu près ceci : nous avons déjà *quatre* notions fondamentales, espace, temps, masse, force — en ajouter une cinquième, l'énergie, c'est rendre trop grand le nombre de ces concepts (qu'Hertz a ramené au minimum, nous le verrons).

Hertz regarde le système énergétique — qui d'ailleurs n'a été qu'à peine esquissé jusqu'ici — comme plus satisfaisant pour l'esprit que le système classique. A la base sont les *quatre* concepts d'espace, de temps, de masse, d'énergie; la force ne s'introduira que comme *expression analytique* utile à considérer dans le cas où des échanges d'énergie auront lieu. Le principe d'Hamilton étant pris pour principe fondamental, l'on n'aura pas recours à ces hypothèses spéciales indispensables pour la démonstration du principe dans le langage classique. C'est un premier avantage que signale Hertz. Un second avantage est de ne plus parler de ces atomes mystérieux, d'un dénombrement irréalisable, presque impossibles à éviter dans la théorie classique.

L'on introduit, en somme, moins d'éléments parasites : l'*image énergétique* est *plus simple* que l'*image classique*. Mais l'image énergétique, par le principe d'Hamilton, exclut les liaisons autres que « solides ». M. Poincaré a développé ce point : une sphère, *roulant sans glissement*

sur une table horizontale n'obéit pas au principe d'Hamilton. Si elle lui obéissait cette sphère paraîtrait vivante et consciente.

De plus, comment considérer l'énergie comme une substance, au même titre que la masse, invariable dans sa totalité — alors qu'une *constante arbitraire* se présente dans son expression analytique, en sorte que l'énergie pourrait devenir *négative*.

Comment cette substance peut-elle se présenter sous *deux formes* aussi différentes que sont l'énergie potentielle et l'énergie cinétique ? M. Poincaré a admirablement montré l'enchevêtrement absolu des deux choses dans leur expression mathématique. Et l'énergie étant *matérialisée*, il faut la *localiser* : « où localiser l'énergie potentielle due à l'attraction de deux astres? » (1).

Hertz conclut que, malgré la tendance de la Physique moderne à être constamment et de plus en plus une Énergétique, il voit dans ce second système des supériorités sur le premier mais encore bien des lacunes au point de vue de la simplicité, de l'opportunité.

Système de Hertz

Nos images mécaniques, dit Hertz, comprennent toutes quelque élément invisible, hypothétique, quelque « chose cachée » ; c'était la *force*, dans le premier système et l'*énergie* dans le second. Nous avons le droit, conclut Hertz, de poser que la « chose cachée » qu'il faut introduire sera un ensemble de *mouvements* de *masses invisibles*.

Helmholtz, d'ailleurs, avait donné un sens véritablement scientifique à ces mots : *masse cachée*, *mouvement caché*.

Ce qui a pu être introduit ainsi dans la Physique, Hertz le pose hardiment à la base de la Mécanique.

(1) Revue générale des Sciences, 1897.

Telle est la première idée-maîtresse du système : *La Mécanique considère les relations* entre *espace, temps* et *masse, en adjoignant*, dans certains cas, *des masses cachées*.

En second lieu Hertz postule que toutes les masses d'un système libre *sont liées les unes aux autres* et que les équations de liaison sont des *équations différentielles du premier ordre, linéaires et homogènes* par rapport aux coordonnées.

Rejetant la conception d'une Dynamique *du point matériel*, considérant que *ce qui nous est donné c'est toujours un corps*, un système fini de masses, Hertz définit, avec une grande habileté analytique, le *déplacement physique* (1) d'un corps, la *courbure physique* du mouvement du corps et il pose alors son principe fondamental :

« *En vertu des liaisons* de ses parties le mouvement d'un système *libre* est tel que le *déplacement physique* soit aussi *droit* que possible. »

Hertz déduit de là les équations de Lagrange et les équations d'Hamilton, à cela près que les termes appelés *forces* dans la théorie classique sont ici certains *multiplicateurs* algébriquement introduits par une analyse parfaitement élégante.

Le principe fondamental, Hertz le remarque, est une sorte de *synthèse* du principe d'inertie et du principe de la moindre contrainte, mais ces deux principes, énoncés séparément, diraient *plus* et ce serait *trop*. Enfin, dit Hertz, n'était-il pas intéressant de voir la méthode d'Hamilton s'introduire *tout naturellement* par la voie géométrique tandis que, dans le premier système, elle

(1) Soit un système de n points de masses $m_1 \ldots m_n$. Hertz pose :

$$m ds^2 = \sum_1^{3n} m_i dx_i^2.$$

Cela diffère tant de notre ds ordinaire, relatif à un point, que je propose les termes *déplacement physique*, etc...

paraît surajoutée ? Aux yeux de Hertz tout corps sera un système libre ou une portion d'un système libre — l'autre partie étant formée de masses visibles ou non : *Il supprime la force* comme *concept premier* et ne voit dans l'univers *que des mouvements de masses;* la force, pour Hertz, n'est qu'une relation analytique entre les mouvements de deux portions d'un système libre.

L'enchaînement des idées est parfait, dans la doctrine de Hertz. La *pureté logique*, l'absence de contradictions internes, choses auxquelles il attache un si grand prix, il les a obtenues dans cet écrit si clair, si élégant.

Il a fait, au sujet des liaisons, une distinction fondamentale qui, au point de vue purement technique, est d'une grande importance.

Ces liaisons, de la forme :

$$\sum_{1}^{3n} \nu\, x_{i\nu}\, dx_{\nu} = 0,$$

les $x_{i\nu}$ représentant des fonctions continues des x admettent ou non, des *facteurs intégrants*. Dans le premier cas, les liaisons peuvent être écrites sous forme *finie*, l'on a des « liaisons solides », le système est dit *holonome*.

Dans ce cas, « si les liaisons ne permettent pas de passer directement d'une certaine position à une autre, infiniment voisine, elles ne permettent pas non plus de passer de l'une à l'autre indirectement » (1).

La sphère de Hertz, qui roulait sans glisser, constitue un système *non holonome :* le principe d'Hamilton ne lui était pas applicable mais on pourra lui appliquer le principe fondamental du système hertzien.

Quel que soit le sort de la doctrine de Hertz, la distinction entre systèmes holonomes ou non restera dans la science.

Dans le langage de Hertz, l'on démontre que le « chemin

(1) H. Poincaré. REVUE GÉN. DES SCIENCES, 1897.

le plus droit », ce que nous avons appelé la « trajectoire physique la plus droite » est, en même temps la trajectoire physique *la plus courte, pour les systèmes holonomes* — non plus pour les systèmes non holonomes. Ceci est *fondamental.*

L'objection capitale que prévoit Hertz concerne sa conception des liaisons.

Beaucoup de physiciens, pense-t-il, l'accuseront d'introduire *la force*, sans le dire : « l'on ne conçoit pas, diront-ils, *des liens solides sans forces* ».

Hertz répond que cette idée dérive des conceptions du système classique, qu'elle ne s'impose pas à un esprit qui s'est dégagé de l'habitude de toujours voir à travers ce prisme. Hertz ajoute admirablement ces mots :

« Voici deux masses assujetties à rester à une distance invariable l'une de l'autre — nous devons traduire ce fait uniquement par des représentations *spatiales* — nous n'augmentons en rien notre intelligence de ce fait en parlant de *forces* qui *maintiennent* les masses à une distance constante... »

A cela je souscrirais pleinement. Ce qui est plus délicat c'est la défense de cette hypothèse que les équations différentielles de liaison sont du *premier ordre, hypothèse essentielle* dans le système hertzien.

L'avenir répondra, de même que, plus tard, nous reconnaîtrons, peut-être, que la nature *exclut* certaines *formes* de la « fonction des forces » dans les mouvements cachés ou apparents.

Du principe fondamental de Hertz résulte « la conservation de l'énergie » d'un système libre et le principe de l'énergie relatif à un système, *soumis à l'action de forces*, au point de vue du langage classique, système *faisant partie d'un système libre*, dans le langage de Hertz. Il n'est question ici, s'entend, que d'énergie cinétique, une « énergie potentielle » du système classique étant regardée comme « énergie cinétique de masses cachées ».

Enfin Hertz déduit de son système l'*égalité de l'action et de la réaction* pour deux points en contact l'un avec l'autre — ces mots « action », « réaction » représentant toujours et uniquement certaines expressions analytiques. Il n'est pas question du principe tel que l'énonce Newton pour deux corps éloignés tels que deux astres. D'ailleurs, a dit M. E. Picard (1), « le principe de Newton, sous sa forme absolument générale, n'est rien moins que clair et le sens même en est douteux dans plus d'un exemple touchant le magnétisme et l'électricité ». M. Picard fait probablement allusion aux théories électromagnétiques de MM. Lorentz et Larmor (2).

Hertz, nous l'avons dit, a obtenu un *enchaînement parfait des idées*. Il ose espérer aussi que son image des faits mécaniques est *opportune*, *simple*.

Ceci est incontestable chaque fois qu'il n'y a pas lieu d'introduire des masses cachées. Que l'on considère, par exemple, ce problème : un point matériel est assujetti à se mouvoir sur une surface — sans aucune autre liaison. (La mécanique classique dirait : « sans forces extérieures »).

D'après le système hertzien l'on répondra simplement : nous avons un système holonome, il se meut, avec une vitesse constante, suivant une trajectoire aussi droite que possible, c'est-à-dire ici suivant une géodésique, d'après une remarque antérieure.

Le système classique *complique* l'explication par l'introduction d'une force normale à la surface.

Mais, que l'on considère maintenant la théorie du pendule, par exemple, ou tout autre phénomène de pesanteur, le système hertzien apparaît alors comme étant d'une application très *compliquée*, *nullement impossible* cependant, cela est bien certain.

(1) BULL. DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, 1901.

(2) Voir H. Poincaré. *Électricité et Optique*, 2me édit. Paris, Carré et Naud, 1901.

Notre théorie classique de la pesanteur, pourrait-on d'ailleurs dire pour la défense des idées de Hertz, n'est-elle pas bien grossière ? Au point de vue newtonien nous regardons l'accélération d'un corps terrestre comme analogue à l'accélération de la Lune ; il y aurait attraction du centre de la Terre, ou, si l'on préfère, échange d'accélérations entre la Terre et le corps terrestre. Mais alors la prétendue constante g varie avec la cote du point et des êtres aux organes plus délicats que les nôtres auraient trouvé *expérimentalement* pour g une fonction compliquée, d'autant plus que la Géodésie nous apprend encore que la Terre n'est pas sphérique.

Un jour viendra, peut-être — il est très éloigné de nous, assurément — où notre image classique de la pesanteur paraîtra trop enfantine, insuffisante et savons-nous si, ce jour-là, l'on n'utilisera pas plusieurs des idées émises par Hertz dans son ouvrage posthume ? C'est le secret de l'avenir, mais il nous semble qu'il ne faudrait pas *rejeter à priori* la doctrine de Hertz parce que, actuellement, pour un problème de pesanteur, elle semble infiniment plus compliquée que la doctrine classique.

Nous avons parlé, en suivant l'ordre même des idées de « l'Introduction » du livre des Principes, d'abord de la *valeur logique*, puis de l'*opportunité* du système.

Quant à son *exactitude*, Hertz s'exprime ainsi : du premier système et du troisième, *l'un est juste*, *l'autre non*, car, pour l'image classique « les derniers éléments constants, dans la nature, seraient les accélérations relatives des masses », d'où se déduiraient des liaisons seulement approximatives entre les coordonnées des masses ; — pour l'image hertzienne, au contraire, « les éléments strictement invariables de la nature seraient des liaisons fermes entre les positions des masses, d'où résulterait l'échange, entre ces masses, d'accélérations relatives seulement approximativement invariables ».

Ce qui incline vers cette dernière conception, à l'en-

contre de la première c'est, dit Hertz, que, dans le domaine de l'électricité et du magnétisme « l'hypothèse des forces à distance invariables ne donne qu'une première approximation de la vérité ».

La conclusion de tout ceci est, en définitive, que par l'étude profonde des phénomènes naturels, Hertz a été détourné des conceptions classiques de la Mécanique plus encore que des conceptions énergétiques, quoiqu'à celles-ci son génie ait encore à opposer les conceptions originales dont nous venons de donner un rapide aperçu.

CONCLUSION

LES IDÉES DE M. HENRY POINCARÉ

Joseph Bertrand a dit de la doctrine hertzienne qu'elle semble « le rêve d'un savant de génie ! » (1).

Au fond, Bertrand l'a un peu dédaignée. Il n'a pas voulu se rappeler sa polémique avec H. Von Helmholtz qui prouvait absolument, contre lui, que les conceptions de la Mécanique classique appliquées à l'étude des actions mutuelles des éléments de courants électriques amenaient des conclusions fort peu en harmonie avec l'expérience.

Hertz ne nie certes pas que le Principe des travaux virtuels, que le Principe de d'Alembert,... auront toujours une haute valeur, mais il pense, d'une part, que la Mécanique classique manque de logique et surtout, d'autre part, que son champ d'application est peut-être plus restreint qu'on ne l'a cru.

Et qui sait ce que les travaux de M. Becquerel, de M. et Mme Curie... sur la *Radio-activité*, ceux de M. Crémieu sur l'*Électrodynamique des corps en mouvement* vont introduire d'*idées nouvelles*, *révolutionnaires*, dans la « Physique » et par là, peut-être dans la « Mécanique pure » ?

(1) JOURNAL DES SAVANTS, 1895

M. Ludwig Boltzmann, quoique fort peu enclin à admettre l'introduction des *masses cachées* (1), paraît cependant plus juste que Bertrand pour le livre posthume de Hertz auquel Helmholtz, presque mourant lui-même, a donné une très belle Préface.

Nous trouvons enfin plus de sympathie pour le système hertzien dans les appréciations de MM. Picard et Poincaré.

M. Émile Picard (2) signale « la singulière difficulté de l'application des idées de Hertz... C'est là, dit-il, un grave reproche, mais, si l'on passe outre, *on ne peut qu'admirer* la belle construction... elle est largement suggestive et *constitue un vaste programme* pour la Mécanique et la Physique de l'avenir ».

M. Poincaré (3) s'est exprimé ainsi : « Intéressante à coup sûr, la théorie de Hertz ne me satisfait pas entièrement parce qu'elle fait la part trop grande à l'*hypothèse*. Hertz s'est mis à l'abri de quelques-unes des objections qui l'avaient tourmenté; il ne paraît pas les avoir écartées toutes... Néanmoins, *par cela seul qu'il est nouveau*, ce mode d'exposition est utile : il nous force à réfléchir, à nous affranchir de vieilles associations d'idées. Nous ne pouvons pas voir encore *le monument tout entier* ; c'est quelque chose d'en avoir une *perspective nouvelle*, *prise d'un point de vue nouveau* ».

A mes yeux, le reproche de faire entrer en jeu des *masses cachées* est bien le dernier que je ferais à la doctrine hertzienne.

Les divers *éthers*, les *ions* sont bien des choses cachées dont le physicien ne peut guère se passer.

(1) *Die Principe de Mechanik*, Leipzig 1897. M. Boltzmann a publié depuis une brochure *Ueber die Grundprincipien und Grundgleichungen der Mechanik*, qu'il m'a fait l'honneur de m'envoyer, mais lorsque ce manuscrit était presque achevé, en sorte que je n'ai pu, à mon grand regret, donner ici toute la place désirable aux idées de M. Boltzmann.

(2) BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, 1901. Sur les Principes de la Mécanique et l'explication mécanique des phénomènes naturels.

(3) REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, septembre 1897. Cet article a été déjà cité plusieurs fois et nous en avons tiré le plus grand profit.

La doctrine de Hertz me paraît admirable, puissante, sauf à retenir comme objections contre elle la *complication* qu'elle introduit dans certains cas et l'hypothèse constamment faite de la *réversibilité des liaisons* (1).

Peut-être rien n'est-il réversible dans la nature et toute théorie de la philosophie naturelle comporterait peut-être exclusivement *des inégalités*. Mais le maniement des inégalités est, en général, infiniment plus difficile que celui des équations et, d'ailleurs, une égalité peut être équivalente à une inégalité, avec une certaine approximation.

Enfin, les équations différentielles de la Mécanique céleste n'impliquent-elles pas une réversibilité dont nous ne saurons *jamais* si elle est naturelle?

Ainsi la forme des liaisons de Hertz se peut admettre.

Dira-t-on maintenant qu'*il n'existe pas de système libre* et que cette notion est cependant à la base de la doctrine hertzienne? Je répondrai à cela en m'inspirant des idées précises que M. Poincaré a introduites dans la Philosophie des Sciences.

Il existe des systèmes *à peu près libres*, à peu près isolés, pour lesquels on a pu définir l'énergie totale et vérifier que cette énergie est *à peu près constante*. Les savants ont posé que pour *un système absolument isolé* l'énergie est *absolument constante*. Ici, comme ailleurs, lorsqu'ils énoncent un principe absolu, les physiciens transforment, consciemment ou non, *le résultat d'expériences approximatives en une convention, une définition* « inspirée par l'expérience et que l'expérience ne saurait renverser ».

En effet, dans cette question de l'énergie, par exemple, nous savons bien que nous ne pouvons manier que des systèmes *à peu près* isolés, nous ne pouvons donc prétendre faire mieux que trouver une énergie à peu près, *à très*

(1) Cette réversibilité résulte de la forme même des équations de liaison proposées par Hertz.

peu près constante, si nos mesures sont très précises. Elles sont toujours infiniment grossières au point de vue de l'absolu.

La nature peut nous *inviter* à poser le postulat d'Euclide, le principe de l'énergie,... ni l'un ni l'autre ne sont chose que l'expérience puisse *ni imposer absolument ni détruire radicalement*.

M. Poincaré a dit un jour qu'il se chargeait bien de traduire dans l'espace *lobatchefskien* ou *riemanien* une expérience quelconque décrite dans le langage *euclidien* et, à partir de ce jour il n'a cessé de répandre des idées sur la Philosophie des Sciences qui sont éminemment justes et profondes, nullement sceptiques comme pourraient le croire les esprits superficiels qui ne seraient frappés que par la forme un peu paradoxale.

C'est ce rayon de lumière que M. Poincaré a fait jaillir que nous voulons, en terminant, projeter sur l'ensemble de cette étude.

Hertz pose trois critères de la valeur d'un système dans la Philosophie naturelle : *valeur logique*, *justesse*, *opportunité*. Faut-il retenir le second caractère comme le fait Hertz au point qu'il pose nettement la question : « le système classique est juste ou bien mon système... » ?

Je croirais plutôt que les trois systèmes dont je viens de parler et dont les deux premiers ont déjà un « passé » illustre, tandis que le dernier ne saurait être actuellement qu'un programme pour l'avenir, je dirais volontiers que ces trois *images* des choses doivent être comparées au point de vue de la logique et de l'opportunité, mais que peut-être, pour la justesse, la comparaison et le choix ne nous sont pas plus possibles expérimentalement que la vérification du postulat des parallèles.

Et je conclurais que si *les trois géométries* ont leur place et leur rôle dans la Science, il en est de même des *trois modes d'exposition* des fondements de la Mécanique analytique et dont le dernier a été conçu par un physicien

illustre qui, arraché par la maladie à son laboratoire, s'est consacré tout entier à la méditation sur la nature tant que le mal physique lui a permis de penser.

M. Poincaré a donné du système classique une exposition très ample, très *élargie* et nous ne saurions mieux faire, pour terminer cette brève étude, que d'y renvoyer le lecteur (1), après avoir rappelé que l'on doit encore à l'illustre géomètre cette remarque :

Les champs de force peuvent *influer* les uns sur les autres en sorte que la règle du parallélogramme des forces peut bien être en défaut dans certains cas.

Les résultats de la critique des sciences ne vont pas sans quelque mélancolie. Pascal disait bien lorsqu'il disait : « Car enfin qu'est-ce que l'homme dans la nature ? Un néant à l'égard de l'infini, un tout à l'égard du néant, *un milieu entre rien et tout*, ... *incapable de savoir certainement et d'ignorer absolument*. » N'est-ce point beaucoup déjà, n'est-il pas admirable que le génie humain, par delà le flux et le reflux des phénomènes, le frémissement universel de la nature, ait discerné quelques rapports certains, susceptibles d'être approximativement soumis aux lois idéales et éternelles de l'Analyse mathématique (2) ?

Novembre 1901. Vte R. D'ADHÉMAR.

(1) Voir le Mémoire de M. H. Poincaré dans le tome III de la *Bibliothèque du Congrès de Philosophie* de 1900, et divers articles de cet auteur dans la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE. Voir aussi les travaux de M. Duhem dans cette REVUE, ceux de M. Milhaud : *la Certitude logique*, *le Rationnel*, les *Philosophes-Géomètres* de la Grèce (Paris, Alcan), enfin les articles de MM. le Roy et Wilbois dans la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE, et ceux de M. Mansion dans les ANNALES DE LA SOC. SCIENTIF. DE BRUXELLES.

(2) L'auteur de ces lignes espère pouvoir publier assez prochainement quelques réflexions *proprement scientifiques* sur la doctrine de Hertz.

HENRI A. ROWLAND

ÉLECTRODYNAMIQUE — RÉSEAUX DE DIFFRACTION

L'éminent physicien américain, Henri A. Rowland, est décédé, le 10 avril 1901, à l'âge de 53 ans.

Ses études et son éducation avaient été celles de l'ingénieur ; mais il s'attacha de bonne heure aux recherches physiques. Sa première publication, dans cette voie, date de 1873 et a pour objet le magnétisme du Fer. Il compléta plus tard ses expériences en les étendant au magnétisme du Cobalt et du Nickel (1).

Nommé professeur à l'Université John Hopkins, il obtint, au début de son professorat, un congé prolongé qu'il passa à Berlin, dans le laboratoire de Helmholtz. C'est là qu'il réalisa une expérience célèbre qui le plaça d'emblée au rang des observateurs les plus habiles. Nous ne pouvons la rappeler ici sans parler des recherches récentes de M. Crémieu sur le même sujet, et dont les résultats semblent contredire ceux qu'avait obtenus le professeur américain. C'est le débat à l'ordre du jour dans le monde des physiciens, et l'importance qu'on lui donne est justifiée par ce fait que l'*effet Rowland* — c'est le nom que l'on donne au phénomène que l'expérience dont nous parlons est destinée à manifester — admis depuis vingt ans comme fait expérimental, a tellement pénétré l'électrodynamique des corps en mouvement qu'on n'entrevoit guère comment on pourrait s'en passer.

(1) Philos. Magazine (4), XLVI, 140.

Ces circonstances rendent plus sensible encore la perte de l'habile expérimentateur. « Certes, dit M. Poincaré, à n'importe quel moment la mort d'un physicien aussi éminent aurait été une perte cruelle pour la Science, mais elle est pour nous aujourd'hui doublement fâcheuse. Qui pourrait mieux que lui découvrir la cause des divergences entre les résultats du savant français et les siens? Celui qui voudra les chercher maintenent, eût-il même l'habileté de Rowland, ne pourra connaître aussi bien que lui les détails de son appareil et la façon dont il a opéré autrefois (1). »

On ne comprend bien le sens et on n'apprécie la portée de l'expérience de Rowland qu'en remontant aux origines mêmes de l'électrodynamique — c'est ce que fait M. Poincaré dans l'article que nous venons de citer — et on ne peut tenter de la vulgariser sans dépouiller d'abord de leur appareil mathématique certaines notions un peu délicates relatives au *courant électrique*. Nous espérons y réussir en nous aidant de l'analogie hydrodynamique dont les fondateurs de l'électrodynamique se sont inspirés pour créer les symboles, fixer le langage et définir les grandeurs propres à représenter les phénomènes dont ils ont énoncé les lois.

I

Une pompe, aspirant l'eau d'un réservoir pour la lancer dans un tube qui la ramène à son point de départ, nous fournit l'image d'un *courant de conduction fermé sur lui-même*. On imagine qu'un phénomène analogue se passe dans le circuit d'une pile — jouant le rôle de la pompe — dont les deux pôles sont réunis par un fil métallique — qui remplace le tube de circulation. La nature intime du

(1) H. Poincaré, *A propos des expériences de M. Crémieu*, dans la Revue générale des Sciences, t. XII, 30 novembre 1901, pp. 994-1007.

courant électrique nous échappe, nous n'en saisissons que les propriétés. Par définition, nous disons qu'un circuit est ou n'est pas parcouru par un courant lorsqu'une aiguille aimantée, placée dans le voisinage, est ou n'est pas deviée; des conventions, basées sur des faits d'observation, rattachent le *sens* et le *débit*, ou *intensité*, du courant, au sens et à la grandeur de la déviation de l'aiguille aimantée.

La *résistance* qu'un tube oppose à la marche de l'eau qui y circule, est due aux frottements intérieurs : elle croît avec la longueur du tube et décroît quand sa section augmente. Tout se passe comme si le conducteur qui réunit les pôles d'une pile opposait aussi, au courant électrique qui le traverse, une *résistance de frottement* : elle croît avec la longueur du fil, décroît quand sa section augmente et produit de la chaleur qui l'échauffe sur tout son développement.

Une pompe puisant l'eau d'un réservoir A pour la lancer dans un tube qui la conduit dans un réservoir B, sans aucune communication avec le réservoir A, nous fournirait l'image d'un *courant de conduction ouvert et permanent*. La conclusion du débat dont ces notions préparent l'exposé doit précisément trancher cette question : *Existe-t-il des courants électriques ouverts et permanents ?*

Supprimons la pompe et supposons le réservoir A plein et en communication par un tube avec le réservoir B, vide : l'eau s'écoulera de A vers B et s'arrêtera dès que le niveau du liquide, dans les deux réservoirs, sera le même.

Faisons abstraction, pour le moment, de la *résistance d'un genre particulier* que l'eau éprouve ici à se mouvoir, pour considérer seulement dans ce phénomène l'image d'un courant de *conduction ouvert et temporaire*.

Pendant longtemps, les physiciens ont vu, dans le fil métallique qui réunit les deux armatures d'un condensa-

teur chargé, un *courant de conduction ouvert*, mais de trop courte durée pour pouvoir être soumis directement à l'expérience.

Mais si toutes leurs *expériences* se faisaient sur des courants *fermés*, ils ne supposaient nullement, dans leurs *théories*, que tout courant doive être fermé. C'est ainsi qu'Ampère considère, dans ses recherches célèbres d'où est sortie l'électrodynamique, la *portion mobile* d'un circuit fermé comme parcourue par un *courant ouvert et permanent*, en faisant abstraction du reste du circuit. Bien plus, l'énoncé de son hypothèse fondamentale relative à l'action réciproque de *deux éléments de courant*, considère ces éléments comme parcourus par des courants ouverts, en sorte que l'électrodynamique d'Ampère est, de ce chef, une électrodynamique des courants ouverts.

Toutefois, la considération théorique des courants ouverts n'est pratiquement et en général, pour ces physiciens, qu'un artifice de calcul : elle prépare une opération mathématique qui s'appelle une *intégration* et dont le résultat atteint les *courants fermés*, sur lesquels seuls portent les expériences de vérification. Dès lors ce que l'on demande avant tout à la loi des actions élémentaires, énoncée pour des éléments de courant, c'est qu'elle se prête au calcul qui nous ramènera finalement aux courants fermés et qu'elle conduise ainsi à des résultats que l'expérience ratifie. Ni cette condition, ni les indications d'expériences préliminaires faites sur des courants *fermés*, en vue de fixer la loi des actions élémentaires, n'imposent absolument le choix de l'hypothèse fondamentale : sans être absolument arbitraire, il reste, dans une certaine mesure, indifférent. Ainsi, tandis qu'Ampère suppose que l'action mutuelle de deux éléments de courant se réduit à une force dirigée suivant la droite qui les joint, Helmholtz admet qu'un élément de courant est soumis à une force et à un couple. D'autres divergences plus profondes séparent les hypothèses fondamentales de ces deux électrodyna-

miques. Elles conduisent cependant à des résultats identiques aussi longtemps qu'on n'applique leurs principes qu'à l'étude des courants fermés. Mais qu'arrive-t-il si l'on part de ces hypothèses, non plus pour les appliquer aux courants fermés, mais pour en tirer les propriétés que posséderaient les courants ouverts, en supposant qu'il en existe?

Non seulement ces hypothèses imposeraient aux courants ouverts des lois différentes de celles qu'elles imposent aux courants fermés, mais ces lois, considérées en elles-mêmes, seraient si étranges qu'on n'entrevoit d'autre moyen de venir à bout des difficultés en face desquelles elles nous placeraient, qu'en les supprimant, c'est-à-dire en supposant que *tout courant est fermé*. Si l'on se donne ce point de départ, on est amené à envisager l'électrodynamique sous un aspect tout différent, à énoncer d'autres hypothèses fondamentales et à bâtir l'édifice d'une électrodynamique nouvelle, l'électrodynamique des courants nécessairement fermés, sans aucun recours aux courants ouverts qui, par hypothèse, n'existent plus.

Encore faut-il justifier cette hypothèse : montrer comment un courant de conduction, ouvert en apparence, se ferme en réalité, et quels sont les *courants auxiliaires* qui se chargent de cette fonction.

C'est ce que fit Maxwell en créant l'électrodynamique des diélectriques. Étudions, de son point de vue, la décharge d'un condensateur. Dans la pensée de Maxwell, le fil métallique qui réunit les armatures est parcouru par un *courant de conduction* qui se ferme, à travers le diélectrique, par un *courant de déplacement*. Précisons cette notion en nous aidant de l'analogie hydrodynamique.

La *fig.* 1 représente un tube de verre dont une partie a été repliée en sinuosités multiples ; r, r',... R, sont des robinets. Ouvrons tous ces robinets et introduisons un liquide, de l'eau, par exemple, dans le tube ARB et dans

chacun des tubes en U, de façon que le niveau s'élève partout à la même hauteur. Cela fait, fermons les robinets r, r',... en laissant le robinet R seul ouvert ; inclinons

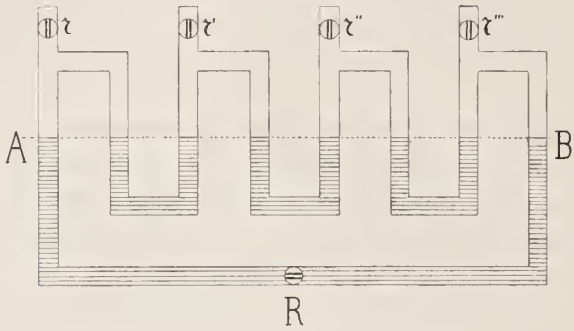


Fig. 1.

doucement l'appareil de manière à faire passer dans A une partie du liquide contenu dans B, et ne le redressons qu'après avoir fermé le robinet R. Les niveaux du liquide ne sont plus les mêmes ni dans le tube ARB, ni dans les tubes en U (*fig.* 2); et l'ensemble nous fournit une image

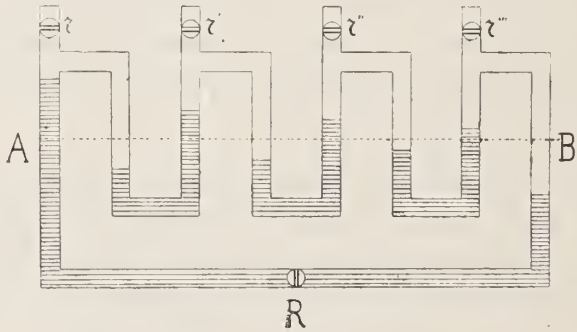


Fig. 2.

d'un condensateur chargé, dans les idées de Maxwell (1).

Le tube A représente l'armature positive ; le tube B

(1) L'image serait moins imparfaite, à certains égards, en supposant l'air remplacé par un second liquide moins dense que le premier et non miscible avec lui, mercure et eau, par exemple.

l'armature négative ; la série des tubes en U figure l'état du diélectrique interposé. Maxwell, en effet, considère un diélectrique comme un amas de particules conductrices — figurées par les tubes en U — séparées par une sorte de ciment isolant.

A l'état normal — que rappelle la figure 1 — chacune de ces particules conductrices possède une charge neutre d'électricité. Sous l'influence d'une force électromotrice — on peut en voir l'image dans la force hydromotrice empruntée à la pesanteur au moment où on a incliné l'appareil — chacune de ces charges neutres, comme celles des armatures, se décompose, et sur chaque élément conducteur l'*électricité se déplace* de telle manière que l'une des extrémités est rendue positive et l'autre négative, la charge totale de chaque élément restant d'ailleurs sur l'élément lui-même sans passer d'un élément à l'autre. C'est ce que fait le liquide contenu dans les tubes en U de notre appareil-image : *il se déplace dans chacun des tubes, mais sans passer d'un tube à l'autre* et les deux branches restent inégalement chargées.

Dans ces conditions, le diélectrique est dit *polarisé :* il a acquis des propriétés dirigées, comme celles qui viennent à nos tubes en U des différences de niveau du liquide qu'ils contiennent : pour chacun d'eux le niveau est plus bas dans la branche de gauche (extrémité négative) que dans la branche de droite (extrémité positive).

Que se produit-il quand on ouvre le robinet R ? — L'eau passe de A en B : le tube ARB est le siège d'un courant de conduction temporaire, allant de A vers B, et en même temps, *des courants de déplacement, localisés dans chaque tube en U*, se produisent de B vers A et *ferment le courant ARB.*

Ainsi en est-il dans la décharge d'un condensateur. Quand on réunit, par un fil, les deux armatures, un courant de conduction s'établit dans le conducteur, de l'armature A vers l'armature B, en même temps que, dans le

diélectrique, se produisent des *courants de déplacement, de B vers A, localisés dans les très petits espaces qu'occupent les particules conductrices, et qui ferment le circuit.* A ces courants de déplacement, correspond un *flux de déplacement,* véritable flux électrique au même titre qu'un *flux de conduction*, et pouvant produire les mêmes effets qu'un flux de conduction de même intensité et de même direction.

Poursuivons la comparaison de ces courants avec les déplacements du liquide dans l'appareil qui nous sert de modèle. La *résistance* qu'éprouve l'eau à se mouvoir dans les tubes en U, au moment de l'ouverture du robinet R, n'est plus une simple *résistance de frottement.* A mesure que le niveau baisse dans la branche du tube que quitte le liquide et qu'il monte dans la branche où il pénètre, l'eau en marche est soumise à *une résistance élastique croissante*, due aux changements de pression, et qui, bientôt, l'oblige à s'arrêter. Elle pourra sans doute dépasser la position d'équilibre, en vertu de l'inertie, mais ce sera pour y revenir et trouver finalement son repos après quelques oscillations rapidement amorties.

C'est là encore un trait qui convient aux courants de déplacement dont les diélectriques sont le siège. Eux aussi rencontrent, dans leur marche non plus une simple résistance de frottement, mais une résistance d'une nature toute différente, une sorte de *résistance élastique* qui a bientôt fait de les arrêter.

Une propriété analogue à l'inertie de la matière, pourra leur faire dépasser leur position d'équilibre, mais ils tendront à y revenir et l'atteindront par une série d'oscillations amorties.

Tout cela, dira-t-on, est fort ingénieux, trop peut-être. A-t-on constaté expérimentalement l'existence de ces courants de déplacement, ou l'imagine-t-on pour le besoin de la cause ? Les a-t-on fait agir sur un galvanomètre et a-t-on vu que l'aiguille magnétique était déviée, ou suppose-t-on

à plaisir que ces courants hypothétiques produisent les mêmes effets que les courants de conduction ?

Dans les circonstances ordinaires, les courants de déplacement, de par la nature même qu'on leur suppose, sont de trop courte durée pour pouvoir être soumis isolément à l'expérience. Nous rencontrerions une difficulté analogue si nous voulions saisir les courants de déplacement dont les tubes en U de notre appareil-image sont le siège, au moment de l'ouverture du robinet R. Mais supposons que, par un moyen convenable, nous produisions une succession de décharges alternatives du réservoir A vers le réservoir B, et inversement. Des courants de déplacement alternatifs se produiraient dans les tubes en U et le phénomène rendu ainsi *permanent* pourrait être soumis à l'observation.

Tel est le moyen que l'on emploie pour révéler l'existence et les propriétés des courants de déplacement au sein des diélectriques.

Interrompons le circuit métallique qui réunit les armatures d'un condensateur à lame d'air, par exemple, qu'une bobine de Rhumkorff tend à maintenir chargé, et faisons jaillir, dans des conditions convenables, des étincelles à la coupure. Le diélectrique qui sépare les armatures, l'air atmosphérique, sera le siège de courants de déplacement alternatifs. Ses propriétés ne dépendront plus uniquement, à un instant donné, de la polarisation de ses éléments conducteurs à cet instant, mais aussi de *la vitesse avec laquelle cette polarisation varie de cet instant au suivant.* Dans ces conditions, des *phénomènes d'induction*, dus à ces courants de déplacement alternatifs et variables, se produiront et se propageront, de proche en proche, au sein du diélectrique où il deviendra possible de déceler leur présence.

En étudiant les lois qui régissent cette propagation des flux de déplacement provoqués par induction successive dans un milieu diélectrique où on entretient une source

d'ébranlement alternatif, Maxwell a montré qu'elles sont précisément celles auxquelles obéissent les déplacements très petits d'un corps parfaitement élastique ; en particulier, elles se confondent avec les lois mêmes des vibrations de l'éther auxquelles l'optique des ondes attribue les phénomènes lumineux, lorsque les flux de déplacement sont uniformes et périodiques.

Ce n'est pas tout. Il est possible de mesurer, par des expériences purement électriques, la vitesse de propagation des flux de déplacement dans le vide, et elle se trouve être numériquement égale à la vitesse de la lumière dans le vide comme la théorie l'exige (1).

Vingt ans s'étaient écoulés depuis que Maxwell avait formulé ces conséquences des principes établis par lui dans son électrodynamique, lorsque Hertz réussit à produire ces oscillations et à donner un corps aux conceptions de l'illustre physicien anglais. Il constata l'existence de ces ondulations électriques et montra, expérimentalement, que leur propagation possède bien toutes les propriétés de la propagation de la lumière. L'hypothèse des courants de déplacement se trouvait donc confirmée dans sa conséquence la plus importante et la plus intéressante.

(1) Il existe deux systèmes théoriques d'unités électriques : le *système électrodynamique*, basé sur les lois fondamentales des actions électrodynamiques ; et le *système électrostatique* qui part des lois de Coulomb. Le rapport entre l'unité électromagnétique et l'unité électrostatique de quantité d'électricité est un nombre appelé le *nombre v*. Il peut dépendre de la nature du milieu où se font les expériences ; mais il a en tout cas les dimensions d'une vitesse.

Dans le vide, la *vitesse v* ainsi définie est, dans les idées de Maxwell, la vitesse de propagation du flux de déplacement dans le vide et elle doit être identique à la vitesse de la lumière dans le vide. Or, toute expérience quantitative dans laquelle interviennent à la fois un champ électrique et un champ magnétique, permet de calculer une valeur de *v*, rapport des deux unités ; on connaît d'ailleurs, par des observations directes, la vitesse de la lumière, et on a pu aussi mesurer directement la vitesse de propagation des flux de déplacement : ces déterminations indépendantes concordent pour assigner au *nombre v* la même valeur numérique, égale à celle de la vitesse de la lumière. Voir : *Rapports présentés au Congrès international de Physique* (1900) ; t. II, pp. 247 et 268.

Il faut ajouter que les phénomènes lumineux eux-mêmes apportent à cette hypothèse leur témoignage. Maxwell, en effet, a vu plus qu'une simple analogie entre les flux de déplacement uniformes et périodiques, et les vibrations lumineuses de l'optique des ondes. Pour lui ces vibrations lumineuses n'existent plus ; c'est à des flux de déplacement, de périodes extrêmement courtes, qu'il faut confier le rôle qu'elles ont joué jusqu'ici. C'est ainsi qu'il fit de l'optique un chapitre de l'électrodynamique, en créant la *théorie électromagnétique de la lumière* qui supporte, avec non moins de succès que son ancêtre, la théorie des ondes, le poids des phénomènes si multiples et si complexes qui accompagnent la propagation de la lumière.

II

Mais les courants de déplacement ne sont pas les seuls auxquels l'électrodynamique moderne demande de fermer un courant de conduction qui semble rester ouvert ; on a confié jusqu'ici une partie de cette tâche aux *courants de convection*. L'analogie hydrodynamique nous servira à faire comprendre ce que l'on entend par là.

Lorsque des bourgeois de bonne volonté *font la chaîne*, en un jour d'incendie, et se passent, de main en main, le seau rempli à la rivière et finalement déversé sur le brasier, ils nous fournissent un modèle de *convection :* l'eau ne coule plus, on la porte ; à certains égards au moins, le résultat est le même.

Nous trouvons une autre image, en même temps qu'un exemple d'un courant de conduction fermé par convection, dans la circulation des eaux fluviales. Du glacier, où il prend sa source, à la mer où il se jette, le fleuve nous représente un courant de conduction ouvert en apparence ; il se ferme en réalité *par convection*. La vapeur d'eau, qui s'évapore à la surface des mers, forme les nuages que le

vent charrie vers les montagnes, et l'eau du fleuve revient à sa source sous forme de pluie et de neige.

Quelque chose d'analogue se passe dans une machine de Holtz ou de Whimshurst dont on a réuni les pôles par un fil métallique. Un *courant de conduction* circule dans ce conducteur — c'est le fleuve allant de sa source à la mer — et rien ne paraît plus naturel que de supposer que ce courant de conduction se ferme par *convection*, celle des charges électriques que transporte le plateau de la machine, d'aval en amont, dans son mouvement de rotation. Qu'il y ait ici *convection*, la chose est assez évidente; mais cela ne suffit pas pour que nous ayons affaire à un courant fermé, dans le sens rigoureux du mot ; il faut que *cette convection constitue un véritable courant électrique*, c'est-à-dire qu'elle possède les propriétés essentielles du courant de conduction : qu'elle crée comme lui, un champ *électromagnétique*, révélé par l'action déviatrice exercée sur l'aiguille aimantée.

Maxwell suppose qu'il en est ainsi, avant qu'on ait tenté de le démontrer expérimentalement. « Si l'on pouvait, dit-il, rendre la densité électrique superficielle (d'un corps chargé) et la vitesse (de ce corps) assez grandes pour que la force magnétique devienne mesurable, on pourrait... vérifier notre hypothèse qu'*un corps électrisé en mouvement est équivalent à un courant*... La surface électrisée pourrait être celle d'un disque non conducteur, tournant dans le plan du méridien magnétique ; l'aimant pourrait être placé près de la partie montante ou de la partie descendante du disque, et serait protégé de l'action électrostatique par un écran métallique. Je ne sache pas, ajoute-t-il, que cette expérience ait été essayée jusqu'à ce jour. »

Maxwell reproduit ce passage dans la seconde édition (1881) de son *Traité d'électricité et de magnétisme*. On le retrouve dans la traduction française (1889) de cette seconde édition, mais avec cette note de M. Potier : « Cette expérience a été faite par Rowland (American

JOURNAL, 1878) et a donné des résultats conformes à l'hypothèse de Maxwell (1). »

Au moment où Rowland arrivait à Berlin, au laboratoire de Helmholtz, plusieurs tentatives avaient été effectuées en vue de constater l'*action électromagnétique de la convection ;* mais elles n'avaient donné que des résultats nuls ou douteux. Le jeune professeur américain imagina et réalisa de nouvelles expériences.

Un disque, pouvant tourner rapidement autour d'un axe vertical, recevait une forte charge électrostatique maintenue à un potentiel constant. Au-dessus du disque, on suspendait, en le protégeant par un écran métallique, un système astatique très sensible dont les deux aiguilles aimantées étaient tellement écartées l'une de l'autre que l'action du plateau sur le système se réduisait à celle qu'il pouvait exercer sur l'aiguille la plus voisine. Pour des vitesses atteignant 61 tours à la seconde, Rowland observa une déviation du système magnétique dans le sens indiqué par la règle d'Ampère. Il annonça même qu'il avait pu faire des mesures quantitatives : l'effet électromagnétique du *courant de convection* était égal à celui du *courant de conduction*, pour la même quantité d'électricité passant, dans les deux cas, par un même point; et il déduisit, des résultats de l'expérience, pour la valeur du *nombre v*, un nombre voisin de celui qui mesure la vitesse de la lumière.

Ces expériences, faites d'abord à Berlin, furent reprises plus tard, avec le même succès, à Baltimore, par Rowland et Hutchinson (2). Lecher tenta en vain, il est vrai, de revoir l'*effet Rowland;* mais, après lui, F. Himstedt

(1) J. Clerk Maxwell, *Traité d'Électricité et de Magn.*, traduction française, t. II, art. 770, p. 470.

(2) AMERICAN JOURNAL OF SC. AND ARTS, 1878, p. 30. — PHIL. MAGAZINE (5), XXVII, 1889, 445. — On trouve un rapport de Helmholtz, sur les expériences de Berlin, dans les ANN. DE POGG. CLVIII, 1876, 487.

reprit les mêmes recherches et confirma les résultats constatés par Rowland (1).

C'est sur la foi de ces expériences que la loi de Rowland est entrée dans la science et y était admise sans contestation par tous les physiciens, qui n'ont cessé, depuis vingt ans, de s'en aider dans l'interprétation d'une foule de phénomènes.

« Tout d'ailleurs, dit M. Poincaré (2), paraissait la confirmer. L'étincelle produit certainement un effet magnétique ; or, ne semble-t-il pas vraisemblable que la décharge par étincelle est due à des particules arrachées à l'une des électrodes et transportées sur l'autre électrode avec leur charge ? Le spectre même de l'étincelle, où l'on reconnaît les raies du métal de l'électrode, n'en est-il pas une preuve ? L'étincelle serait alors un véritable courant de convection.

» D'un autre côté, on admet aussi que, dans un électrolyte, l'électricité est convoyée par les ions en mouvement. Le courant dans un électrolyte serait donc aussi un courant de convection ; or il agit sur une aiguille aimantée.

» De même pour les rayons cathodiques ; Crookes attribuait ces rayons à l'effet d'une matière très subtile, chargée d'électricité négative, et animée d'une très grande vitesse ; il les regardait, en d'autres termes, comme des courants de convection. Or ces rayons cathodiques sont déviés par l'aimant. En vertu du principe de l'action et de la réaction, ils doivent à leur tour dévier l'aiguille aimantée... ». Ce que l'on a d'ailleurs constaté directement.

» Ainsi, tous ces phénomènes regardés comme des courants de convection, étincelles, courants électrolytiques, rayons cathodiques, agissent de la même manière sur le galvanomètre et conformément à la loi de Rowland. »

(1) Wied. Ann., t. XXXVIII, p. 560.
(2) Article cité.

On pourrait allonger cette liste de témoignages favorables en rappelant, par exemple, l'interprétation donnée à certaines propriétés de la radio-activité.

« On ne tarda pas à aller plus loin, poursuit M. Poincaré. D'après la théorie de Lorentz, les courants de conduction eux-mêmes seraient de véritables courants de convection : l'électricité resterait indissolublement attachée à certaines particules matérielles appelées *électrons ;* ce serait la circulation de ces électrons à travers les corps qui produiraient les courants voltaïques, et ce qui distinguerait les conducteurs des isolants, c'est que les uns se laisseraient traverser par les électrons, tandis que les autres arrêteraient leurs mouvements.

» La théorie de Lorentz est très séduisante, elle donne une explication très simple de certains phénomènes dont les anciennes théories, même celle de Maxwell sous sa forme primitive, ne pouvaient rendre compte d'une façon satisfaisante, par exemple, l'aberration de la lumière, l'entraînement partiel des ondes lumineuses, la polarisation magnétique, l'expérience de Zeeman (1). »

On voit, par cet exposé, combien l'*effet Rowland* a pénétré dans les théories modernes qui se présentent sous l'aspect le plus séduisant. L'identité physique entre le courant de conduction et le courant de convection, admise comme fait d'expérience, a été si souvent supposée ou invoquée qu'il faudrait, s'il fallait s'en passer, modifier profondément les idées actuelles sur l'électrodynamique des corps en mouvement, et revenir sur ses pas, avec la

(1) Dans la théorie de Lorentz, les vibrations lumineuses deviennent des vibrations des électrons. L'état de l'éther est déterminé par la charge, la position et le mouvement de ces électrons. Ce sont des indications de cette théorie qui ont guidé et aidé Zeeman dans ses expériences. Le fait qu'il a constaté expérimentalement est celui-ci : le magnétisme exerce une action directe sur l'émission des sources lumineuses gazeuses ; placées entre les pôles d'un électro-aimant, la constitution de leurs raies d'émission est changée : leur longueur d'onde et par suite leur rang spectral se modifient. Voir, dans la collection SCIENTIA, la brochure de A. Cotton, *Le phénomène de Zeeman,* Paris, Carré et Naud, 1899.

perspective de se retrouver en face des difficultés que soulèvent les courants ouverts.

III

Or, voici que des expériences récentes de M. Victor Crémieu semblent aboutir par des voies multiples à nier l'existence de l'*effet Rowland*.

Sans nous attarder à décrire minutieusement le manuel opératoire du physicien français, résumons brièvement ses recherches en insistant sur leurs conclusions principales (1).

Après avoir exposé comment il a été amené à reprendre les expériences de Rowland, Hutchinson et Himstedt, M. Crémieu donne une critique détaillée de ces expériences. Voici comment il la résume lui-même dans le JOURNAL DE PHYSIQUE.

« Toutes ces expériences consistaient à faire tourner rapidement un disque non conducteur, doré sur une partie de sa surface, et à observer les mouvements d'une aiguille aimantée placée au bord du disque, parallèlement à son plan, lorsqu'on venait à le charger ou à inverser le signe de sa charge... Les vitesses linéaires (du disque) étaient de 32 mètres à 64 mètres par seconde. Les intensités correspondantes des courants de convection étaient comprises entre 5×10^{-6} et 5×10^{-5} ampères.

» Pour mettre en évidence des courants aussi faibles, circulant dans une seule spire de fil, représentée par le disque tournant, il fallait des systèmes magnétiques astatiques dont la sensibilité atteignît les plus extrêmes limites.

(1) *Recherches expérimentales sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, par Victor Crémieu, ingénieur agricole. — Thèse de la Faculté des Sciences de Paris. — Paris, Gauthier-Villars, 1901. — Voir aussi : Victor Crémieu, *Convection électrique et courants ouverts*, dans le JOURNAL DE PHYSIQUE (3), X, 1901, 453-471 ; différentes notes dans les COMPTES RENDUS, t. CXXXI, 1900, p. 797 ; t. CXXXII, 1901, p. 327 et 1108 ; et l'article cité de M. Poincaré.

» Or, par le principe même de l'expérience, on se trouvait amené à placer ces systèmes, très instables par nature, au voisinage immédiat de disques chargés à des potentiels très élevés et tournant très vite, par conséquent dans une région qui était le siège à la fois de perturbations électrostatiques considérables, de courants d'air très violents et, enfin, d'effets d'induction magnétique dus à la rotation rapide de pièces métalliques dans le champ terrestre ou accidentel du laboratoire...

» De plus, Rowland, dont les deux séries d'expériences présentent le plus de garantie, s'est toujours contenté de déviations permanentes très faibles (6 à 15 millimètres à 2 mètres de distance), du même ordre que les déviations ordinaires d'un système astatique sensible placé dans une région magnétique assez sensible. Ces déviations s'accordaient, il est vrai, avec celles calculées ; mais on voit de suite combien une coïncidence de cette nature est sujette à erreur... »

Ajoutons que Rowland n'ignorait pas les causes d'erreur auxquelles son expérience était exposée et qu'il prit soin de les prévenir. « Les expériences de Crémieu peuvent sembler convaincantes à ceux qui les ont vues, dit M. Poincaré ; mais on ne peut oublier pourtant que Rowland était un expérimentateur tout aussi habile, qu'il a montré ses résultats à plusieurs savants éminents et que ces savants ont été également convaincus. »

Quoi qu'il en soit, M. Crémieu a eu l'idée très heureuse d'une méthode expérimentale différente qui lui permet d'éloigner l'appareil de mesure des appareils d'expérience.

Le principe de cette méthode consiste à faire agir, sur un circuit conducteur formé d'une bobine de 13 000 tours de fil de cuivre de $0^{mm}15$ de diamètre, concentrique au disque, relié à un galvanomètre et fonctionnant comme circuit secondaire, les effets d'induction du courant de convection fonctionnant comme courant primaire variable. Pour produire ces effets d'induction, on faisait tourner le

disque très rapidement à l'état neutre, puis on lui communiquait brusquement sa charge ; ou bien, par le jeu d'un commutateur, on produisait, plusieurs fois par seconde, la charge et la décharge du disque, en n'envoyant dans le galvanomètre du circuit secondaire que les effets dus soit à la charge soit à la décharge.

Les intensités réalisées dans ces expériences étaient de 5×10^{-5} à 5×10^{-4} ampères et les déviations attendues, sur l'échelle du galvanomètre, de 30 à 160 millimètres. Or « les déviations observées restèrent constamment nulles ».

M. Crémieu varia les conditions de ses expériences, étudia directement les influences étrangères qui auraient pu en altérer les résultats, et crut pouvoir finalement en tirer cette conclusion :

« Un disque tournant dans des conditions telles qu'on est sûr qu'il entraîne avec lui la charge électrique qu'on lui communique, ne donne pas, quand on fait varier cette charge, les effets d'induction que donnerait un courant de conduction transportant des quantités d'électricité égales, et soumis à des variations du même ordre. »

Ces résultats négatifs obtenus pour l'*effet d'induction* de la convection électrique, imposaient à M. Crémieu de reprendre les expériences mêmes de Rowland relatives à l'*effet magnétique* de la convection. C'est ce qu'il fit, dans des conditions *voisines* de celles où Rowland, et plus tard Himstedt, avaient opéré.

Un disque d'ébonite, doré suivant des secteurs isolés les uns des autres, tourne entre deux armatures parallèles diélectriques, à dorure divisée, elles aussi, en secteurs. Parallèlement au plan du disque, et en dehors du condensateur ainsi formé, on place l'aiguille inférieure d'un système astatique très sensible dont l'aiguille supérieure se trouve assez loin du disque pour échapper à son influence.

Dans ces conditions, on vérifie que la charge ou la

décharge du *disque immobile* est sans effet sur l'aiguille aimantée, protégée contre l'action électrostatique par un écran relié au sol. On s'assure aussi que la *rotation du disque non chargé* est également sans effet. Cela fait, on met le disque en rotation, et on le charge pendant qu'il tourne. Si la convection produit un champ électromagnétique, on doit alors constater une déviation de l'aiguille aimantée.

Les déviations attendues atteignaient 70 millimètres en moyenne sur l'échelle du galvanomètre, à 4 mètres de distance. Or « les résultats obtenus furent constamment négatifs » : pas de déviation.

Restaient à retrouver les déviations observées par Rowland et à en déterminer la cause.

Pour y parvenir, M. Crémieu élimina successivement de son appareil toutes les différences de détail qu'il présentait avec ceux de ses prédécesseurs.

Dans leurs expériences, le système astatique était séparé du disque tournant par des plateaux fixes formés de secteurs d'étain collés sur de l'ébonite ou du verre. Dans l'appareil de Crémieu, le système astatique est séparé du disque par *deux couches métalliques*, laiton et étain, entre lesquelles se trouve une couche de mica. En remplaçant ces plateaux laiton-mica-étain, par des plateaux ébonite-étain, Crémieu a obtenu des déviations réversibles à la fois avec le signe de la charge et le sens de la rotation du disque, leur sens coïncidant avec celui que donnerait l'effet magnétique de la convection électrique.

D'après M. Crémieu, ce sont ces déviations que Rowland et Himstedt ont observées. Elles disparaissent dès qu'on interpose, entre le disque et le système astatique, une seconde couche métallique, parallèle à la couche d'étain et voisine de celle-ci. Or l'interposition de cette seconde plaque métallique ne peut, semble-t-il, ni supprimer, ni même diminuer l'*action magnétique* d'un courant continu : — M. Crémieu s'en est d'ailleurs assuré par une expérience

de contrôle — donc les déviations observées par Rowland ne seraient pas dues au champ magnétique du courant continu auquel équivaudrait la convection électrique.

Mais quelle peut bien être la cause de ces déviations ? — Crémieu pense qu'elles sont dues à des *courants de conduction ouverts*, circulant dans les secteurs d'étain fixes, par suite de la rotation des secteurs mobiles ; et il croit pouvoir tirer de cette seconde série d'expériences cette conclusion qui est la négation même de l'effet Rowland : « Un disque tournant, chargé dans des conditions telles qu'on est sûr qu'il entraîne avec lui sa charge, ne produit pas les effets magnétiques d'un courant de conduction transportant la même quantité d'électricité. »

S'il en est ainsi, il doit exister des *courants ouverts ;* et nous venons de voir M. Crémieu les invoquer pour expliquer les déviations observées par Rowland. On peut, en effet, maintenir par convection une différence de potentiel constante entre deux points reliés par un conducteur. Tout le long de ce conducteur, qui deviendra le siège d'un courant de conduction, il y aura un champ magnétique mais *dont les lignes de forces ne se fermeront pas*, puisque la convection qui l'entretient et qui ferme matériellement le circuit *n'a pas les propriétés d'un courant*. Dès lors ce courant de conduction reste ouvert. C'est ce qui se passerait dans un circuit métallique réunissant les deux pôles d'une machine statique de Holtz ou de Whimshurst, où la convection entretient un courant.

M. Crémieu a cherché à constater directement l'existence de ces courants ouverts en utilisant deux dispositifs différents que lui avait indiqués M. Poincaré. L'un d'eux n'a rien donné ; l'autre, sans qu'on puisse dire d'où lui vient ce privilège, semble avoir donné des résultats suffisamment nets pour que Crémieu ajoute à sa première conclusion, « *la convection électrique ne produit pas d'effet magnétique* », ce complément : « *il existe des courants ouverts* ».

Les contradicteurs n'ont pas manqué à M. Crémieu et des objections, les unes un peu hâtives et qu'un examen plus complet ou plus attentif des expériences du physicien français ont fait disparaître, les autres plus sérieuses qui appellent de nouvelles expériences, lui sont venues surtout d'Angleterre et d'Amérique (1). On ne s'est pas borné à lui opposer des difficultés, on a commencé déjà à contrôler ses expériences.

Rowland a eu connaissance des premières expériences de Crémieu. Il attribuait leur insuccès soit à une décharge du disque tournant, soit à une charge acquise de signe contraire, déposée sur le diélectrique. Sous sa direction, M. Harold Pender a refait la première expérience contradictoire, celle où l'on étudie l'*effet d'induction* de la convection (2). Tout fut disposé de manière à pouvoir réaliser une expérience quantitative. Or M. Pender a obtenu un résultat positif là où M. Crémieu n'avait rien trouvé : non seulement Pender constate, dans la bobine (circuit secondaire), l'existence d'un courant induit sous l'influence de la convection variable réalisée par la rotation du disque chargé (circuit primaire), mais les résultats de ses expériences donnent pour le *nombre v* des valeurs comprises entre $2,75 \times 10^{10}$ et $3,23 \times 10^{10}$ avec une moyenne de $2,96 \times 10^{10}$, nombre voisin de celui qui mesure la vitesse

(1) Voir ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE, 1900, t. XXV, p. 352 (art. de M. Potier). — PHILOS. MAGAZINE, mars 1901, p. 325 (art. de M. Pocklington). — IBID., juillet 1901, p. 144 (art. de M. H. A. Wilson); réponse de M. Crémieu. IBID., août 1901, p. 255; nouvel article de M. Wilson, IBID., septembre 1901, p. 319 — Lors du dernier congrès de la *British Association* (Glasgow, septembre 1901), M. Crémieu a été invité par les physiciens anglais à venir exposer ses expériences. Il y est allé. On trouvera un résumé de la discussion à laquelle cet exposé a donné lieu dans le JOURNAL DE PHYSIQUE (3) t. X, pp. 517 et suivantes. Ces pages ont été intercalées en tête de la livraison de décembre. — Voir aussi l'article cité de H. Poincaré. — La *Società italiana di Fisica*, dans sa dernière réunion (Bologne 24-26 septembre 1901), s'est aussi occupée des expériences de Crémieu. On trouvera le résumé de la communication faite par le prof. Righi, dans la REVISTA DI FISICA, t. II, 1901, n. 23, pp. 455 et suiv.

(2) PHILOS. MAGAZINE, août 1901, p. 179.

de la lumière en centimètres, sa valeur théorique. Le calcul de v basé sur les résultats des expériences de Rowland leur avait donné, nous l'avons dit, la même confirmation. Ainsi l'accord de l'expérience avec l'hypothèse qui fait de la convection électrique un véritable courant, capable de produire l'*effet d'induction*, semble ici aussi satisfaisant que possible.

Les expériences de M. Pender étaient connues des membres de la *British Association*, quand M. Crémieu est allé exposer ses recherches devant la section de Physique du congrès de Glasgow. Parmi ses contradicteurs, A. Gray et lord Kelvin ont beaucoup insisté sur ces expériences de M. Pender. Lord Kelvin s'est déclaré convaincu que l'electricité en mouvement crée un champ magnétique ; comme le professeur A. Gray, il trouve extrêmement probant l'accord quantitatif obtenu pour les valeurs de v, déduites des expériences de Rowland et de Pender. M. Crémieu répond que cet accord ne lui paraît pas avoir l'importance qu'on lui attribue. Les quantités d'électricité statique mises en jeu pour le fonctionnement des appareils étant du même ordre que l'intensité calculée, il suffit de la moindre perte pour que des courants de conduction réels prennent naissance, dont les effets seront voisins de ceux qu'on attend de la convection.

Il faudra du temps pour contrôler les pièces de cet intéressant procès, les discuter, trancher le débat et surtout tirer des expériences de Crémieu, si la critique en consacre définitivement les conclusions, l'électrodynamique nouvelle des corps en mouvement dont elles pourraient être le point de départ.

Quoi qu'il advienne, le travail de M. Crémieu ne cessera pas d'être très utile aux physiciens qui seraient amenés à mesurer des forces magnétiques extrêmement petites et à recourir à des potentiels électriques fort élevés dans des circonstances très délicates. D'autre part, on n'oubliera certainement pas le rôle singulièrement fécond qu'ont joué

dans les théories physiques, depuis vingt ans, les conclusions de Rowland, alors même que l'on se verrait amené à les abandonner.

IV

Nous nous sommes étendu sur la première expérience de Rowland à cause du grand intérêt d'actualité que lui donne le débat que nous venons de résumer. Nous analyserons plus rapidement ses autres travaux.

On doit au savant professeur américain des recherches sur les résidus diélectriques. Elles lui furent inspirées par des vues théoriques intéressantes qui rattachaient ce phénomène à l'orientation des cristaux formant les diélectriques, mais elles semblent aujourd'hui oubliées, et on ne les retrouve pas dans la théorie actuelle des déformations résiduelles.

Une des préoccupations principales de Rowland fut de doter la science de données numériques précises relatives aux constantes physiques fondamentales. On lui doit une des meilleures déterminations de l'équivalent mécanique de la calorie avec une étude importante de la variation de la chaleur spécifique de l'eau (1); un travail expérimental sur la valeur de l'*ohm* (2), dont le résultat est l'un de ceux qu'utilisa la conférence internationale pour la détermination des unités électriques, en 1884 (3), etc.

Mais depuis 1882, et dans ces dix dernières années surtout, c'est à ses travaux d'optique que Rowland dut l'éclat de sa réputation.

(1) PROCEED. OF THE AMERICAN ACADEMY OF A. AND S., juin 1879, pp. 75-200. Rowland trouve, pour l'équivalent mécanique de la calorie, des nombres variables avec la température : à 5° il trouve 429,8, à 15° 427,4, à 20° 426,4, à 30° 425,6,... D'après l'auteur cette diminution tiendrait à la variation de la capacité calorifique de l'eau, qui diminue quand la température augmente.

(2) AMERICAN JOURNAL OF S. AND A., 1878, pp. 281, 325 et 450.

(3) C'est cette conférence qui a défini l'*ohm légal* : la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur, à la température de la glace fondante.

C'est à lui que l'outillage spectroscopique est redevable de ses plus précieuses ressources, grâce aux progrès considérables qu'il fit faire à la construction des *réseaux de diffraction*. Avant lui, Rutherfurd et Bruner avaient réalisé, sur le métal des miroirs et sur verre, des réseaux plans donnant de bons résultats, mais dont les dimensions étaient réduites, par les difficultés de construction, à 1 ou 2 centimètres, et la gravure à 300 ou 400 traits par millimètre. Rowland se proposa d'en construire de beaucoup plus grands — ce qui augmenterait considérablement leur pouvoir lumineux — tout en multipliant le nombre des traits et en assurant surtout la régularité de la gravure — ce qui accroîtrait leur pouvoir séparateur. On sait que le pouvoir séparateur d'un réseau, dont le tracé est supposé parfait, est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel au nombre total des traits.

Une étude approfondie du métal des miroirs, l'invention et la réalisation d'une sorte de machine à diviser dont l'erreur du pas de vis n'atteint pas $\frac{1}{4000}$ de millimètre, et d'un tracelet permettant de graver des traits de 17 centimètres de long sur une espace de 25 centimètres, lui permirent de couvrir, avec une régularité presque idéale, des surfaces supérieures à un décimètre carré, de traits identiques et parallèles à raison de plus de 500 et jusqu'à 800 environ au millimètre.

A l'origine, la gravure se faisait sur des surfaces planes, en sorte que la production des spectres, par ces réseaux plans, et leur observation exigeaient l'emploi d'un collimateur et d'une lunette, comme dans les spectroscopes à réfraction ordinaires. Mais Rowland eut l'idée ingénieuse d'utiliser, pour la gravure des réseaux, la surface *concave* d'un miroir sphérique métallique (1). Dans ces conditions, le spectroscope se trouve réduit au réseau, à une fente et

(1) *On concave gratings for optical purposes*; AMERICAN JOURNAL (3), XXVI, 1883, pp. 87-98, et PHILOS. MAGAZINE (5) XVI, 1883, pp. 197-210.

à un oculaire convenablement disposés ; plus de collimateur ni de lunette d'observation ; avantage très précieux, à certains points de vue au moins, et pour l'étude de certaines radiations (1). La surface courbe du réseau, en diffractant les rayons lumineux, grâce à sa gravure, les réunit, par sa courbure, de façon à donner directement des images nettes de la fente, permettant ainsi d'obtenir des photographies directes des spectres. Dès 1883, Rowland obtenait, grâce à ses réseaux concaves, des photographies montrant entre H et K plus de 150 raies dont plusieurs sont à la distance l'une de l'autre de $\frac{1}{80\,000}$ de la longueur d'onde des radiations correspondantes. L'observation directe va plus loin encore. Tandis que les spectroscopes ordinaires à un prisme permettent, non sans peine, de dédoubler la raie D_1D_2 du sodium, les réseaux de Rowland séparent des doublets deux cents fois plus étroits (2).

Rowland fit une longue et habile application de cet outillage perfectionné, donnant des spectres d'un éclat incomparable et d'une pureté parfaite, à l'étude et à la détermination des raies spectrales, en particulier, dans la lumière de l'arc électrique et dans celle du soleil. Il se servit, pour ces recherches, de réseaux sphériques dont la distance focale mesurait généralement 21,5 pieds (6,55 mètres), qui comptaient 10 000, 14 438 ou 20 000 traits par pouce (2,54 centimètres, presque 800 au millimètre), couvrant un espace dont la largeur était de 5,5 à 6 pouces (15 centimètres environ). Les plaques photographiques, où les spectres venaient s'imprimer, copiaient la

(1) Sur les inconvénients des réseaux concaves et sur les dispositifs à employer pour les éviter, on peut consulter : *M. Cornu*, dans L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE, XIV, 1898, p. 188 et *MM. Runge* et *Paschen* dans les WIED. ANNAL. LXI, 1897, p. 644.

(2) Le spectroscope à échelons de Michelson et l'appareil de spectroscopie interférencielle de Fabry et Pérot, appliqués à l'analyse d'*une raie à composantes très étroites*, permettent d'atteindre le millième de la distance D_1D_2. Voir Michelson, JOURNAL DE PHYSIQUE (3), VIII, 1899, p. 305 et Fabry et Pérot, ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE (7), XVI, 1899.

courbure du réseau ; elles avaient 19 pouces (48 centimètres) de long sur 2 pouces (51 millimètres) de large.

Les photographies spectrales et les tables de longueurs d'onde étalonnées qui résument les travaux de Rowland forment une série de documents scientifiques de la plus haute valeur. Il a publié successivement trois tables de longueurs d'onde : la première dans THE AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE AND ARTS, t. XXXIII, 1887, pp. 182-190 et simultanément dans PHILOSOPHICAL MAGAZINE (5), 1887, pp. 257-265. La seconde dans JOHNS HOPKINS UNIVERSITY CIRCULARS, 2073 et dans le PHILOSOPHICAL MAGAZINE (5) 1889, XXVII, pp. 479-484; enfin la troisième dans ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS, XII, 1893, pp. 321-346, et dans PHILOSOPHICAL MAGAZINE (5), 1893, XXXVI, pp. 49-75. Cette dernière table est reproduite dans la traduction anglaise, publiée en 1898 par Edwin Brant Frost, (Boston et Londres, Ginn) de l'ouvrage du Professeur J. Scheiner, de l'observatoire de Potsdam, *Die Spectralanalyse der Gestirne*.

La longueur d'onde de la raie de sodium D_1 a servi de base pour la détermination des longueurs d'onde des autres radiations. Dans la première table, Rowland adopte pour la longueur d'onde de D_1 le nombre 5896,080 ; dans la seconde et la troisième, 5896,156. La troisième table diffère de la seconde surtout par le nombre plus grand d'observations qui ont été utilisées pour la construire. Elle s'étend de la longueur d'onde 2152,912 U.A. à 7714,686 U.A.

L'unité adoptée par Rowland pour exprimer les longueurs d'onde et que nous venons de désigner par le symbole U.A., est l'*unité d'Angström*, qui vaut 10^{-10} du mètre (1). Les auteurs de langue anglaise représentent parfois cette unité par le symbole μ' et lui donnent, avec Michelson, le nom de *tenth meter*.

(1) Sur l'*échelle* de Rowland, voir deux notes récentes de MM. Ch. Fabry et A. Pérot dans les COMPTES RENDUS de l'Acad. des Sc. de Paris, t. CXXXII, 1901, p. 1264 et t. CXXXIII, 1901, p. 153.

Rappelons en passant que l'on emploie aussi pour mesurer les longueurs d'onde soit le *micron*, μ, qui vaut le *millième du millimètre* (10^{-3} mm) ou le *millionième du mètre* (10^{-6} m), soit le *millième du micron*, $\mu\mu$, qui vaut le *millionième du millimètre* (10^{-6} mm) ou 10^{-9} du mètre. Ainsi

$$1 \text{ U.A.} = 10^{-4}\,\mu = 10^{-7} \text{ mm} = 10^{-10} \text{ m}.$$

On a, pour les deux composantes de la raie D du sodium, $D_1 = 5896{,}154$ U.A. et $D_2 = 5890{,}182$ U.A. Leur distance vaut donc, à peu près, 6 unités d'Angström.

Dans ses belles recherches, faites au laboratoire de Rowland, relatives à l'influence de la pression sur les raies de l'arc électrique, M. Humphreys s'est servi d'un réseau concave de 6,55 mètres de foyer, de 6 pouces de largeur et de 20 000 traits au pouce ; l'auteur estime qu'il a pu apprécier sur des *clichés photographiques*, pour certaines raies uniques, nettement délimitées, et grâce à des artifices spéciaux, des déplacements de l'ordre de *2 ou 3 millièmes d'unité d'Angström*, ce qui correspond à peu près à $\frac{1}{2000}$ ou $\frac{1}{3000}$ de la distance des deux raies D. Ajoutons que ce sont les réseaux construits avec l'appareil réalisé par Rowland qui ont permis à Zeeman de découvrir et d'étudier l'influence du magnétisme sur les raies d'émission des sources gazeuses, et que ce sont eux aussi qui servent, le plus souvent, aux physiciens et aux astronomes dans leurs recherches spectrales.

De si éminents services rendus à la science expérimentale, joints à tant de travaux personnels importants, assurent à H. A. Rowland un rang incontestable parmi les expérimentateurs les plus habiles et les travailleurs les plus féconds.

J. Thirion, S. J.

VARIÉTÉS

I

LA FABRICATION DU CARBURE DE CALCIUM EN FRANCE AU DÉBUT DE 1901.

En vue d'obtenir des renseignements exacts sur la fabrication du carbure de calcium et l'exploitation de ce produit, nous nous sommes adressé à tous les directeurs d'usines à carbure de France et de l'étranger.

Grâce au bienveillant concours de la plupart d'entre eux, nous avions déjà recueilli une ample moisson d'informations, lorsque M. Guilbert, ingénieur et chef de laboratoire de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, a fait paraître le travail remarquable où se trouve, reproduit et complété, le rapport qu'il avait présenté au troisième congrès international de l'acétylène.

L'auteur nous a permis d'y puiser largement ; de plus, il a bien voulu nous donner aussi de vive voix de précieux détails que nous n'avions pu obtenir ailleurs.

Nous devons à la vérité de dire que la plupart des réponses qui nous ont directement été faites par les carburiers, sont la reproduction des informations qui déjà lui avaient été transmises.

Quelque temps avant le jugement rendu par la Cour d'appel de Paris dans le procès Bullier, la puissance développée par les fours électriques dépassait, dans le monde entier, 300 000 chevaux, sur lesquels plus de 200 000 étaient utilisés pour la fabrication du carbure de calcium.

De ces 200 000 chevaux, la France en employait à elle seule 82 000, dans 33 usines.

Voici la nomenclature de ces usines et quelques données sur leur situation géographique. et la façon dont elles sont établies ou fonctionnent :

1° *Usine d'Albas.*

Propriétaire : M. Henri Gayral, à Toulouse.

Date de la mise en marche : Janvier 1899.

Situation géographique : A trois kilomètres de la gare de Castelfranc-Prayssac, sur la ligne de Cahors à Monsempron-Libos, département du Lot.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Lot; trois turbines Hercule, développant 450 chevaux; trois dynamos de la Société alsacienne de constructions mécaniques, tournant à 500 tours à la minute (1).

Nombre de chevaux : 450.

Type et nombre des fours : Un four Gayral.

Matières premières : Coke lavé, des mines de Carmaux; chaux des calcaires d'Albas.

Production annuelle : 216 tonnes; soit 600 kilogrammes par vingt-quatre heures.

Centres de vente : Département du Lot ; départements voisins.

2° *Usine d'Arudy.*

Propriétaire : Omnium lyonnais, rue Scribe, 7, à Paris.

Date de la mise en marche : Novembre 1899.

Situation géographique : A un kilomètre de la gare d'Arudy (Basses-Pyrénées), sur la ligne de Pau à Laruns.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Gave d'Ossau; deux turbines de la Société alsacienne des constructions mécaniques, développant chacune 300 chevaux; deux dynamos, de la même société.

Nombre de chevaux : 600.

Type et nombre de fours : Deux fours Siemens.

Matières premières : Coke et anthracite d'Angleterre; chaux d'Arudy.

Production annuelle : Environ 300 tonnes, c'est-à-dire près de 900 kilogrammes par vingt-quatre heures.

Centres de vente : Midi et sud-ouest de la France.

(1) Une partie de cette force est utilisée pour la fabrication de divers produits : produits chimiques, farine, poudre à sulfater, etc....

3° *Première usine de la Bâthie.*

Propriétaire : M. L. Robert.

Date de la mise en marche : Août 1896.

Situation géographique : Sur la route Nationale de Grenoble à Aoste, à 1500 mètres de la gare de Bâthie, sur la ligne d'Albertville à Moutiers, à 400 mètres d'altitude.

Force motrice hydro-électrique : Chute du ruisseau de l'Arbine; trois turbines centripètes à axe vertical, de la maison Bouvier, de Grenoble, pouvant développer chacune 550 chevaux, et six petites turbines accessoires ; dynamos à courant alternatif.

Nombre de chevaux : 1250.

Type et nombre des fours : Quatre fours clos Robert.

Matières premières : Anthracites anglais, à 4 p. c. de cendres, et de la région, à 13 p. c. environ; chaux des calcaires de Chambéry.

Production annuelle : Environ 1100 tonnes; soit 3 tonnes par vingt-quatre heures.

Centres de vente : France et étranger

4° *Deuxième usine de la Bâthie.*

Propriétaire : Compagnie internationale du Carborundum.

Date de la mise en marche : Avril 1898.

Situation géographique : A côté de l'usine L. Robert.

Force motrice hydro-électrique : Chute du ruisseau de l'Arbine ; trois grandes turbines centripètes à axe vertical, de la maison Bouvier, de Grenoble, développant chacune 500 chevaux, et 4 petites turbines de 50 chevaux, actionnant les machines accessoires; dynamos système Labour et système Zypernowski.

Nombre de chevaux : 1250.

Type et nombre des fours : Sept fours d'un système spécial à la compagnie.

Matières premières : Anthracites anglais : chaux de Chambéry et de Voryspe (Isère).

Production annuelle : 900 tonnes de carbure coulé ; soit près de 2 tonnes et demie par vingt-quatre heures.

Centres de vente : France et Algérie, Amérique. Autriche-Hongrie, Espagne, Grèce, Italie.

5° *Usine de Bellegarde.*

Propriétaire : M. Charles Bertolus, à Saint-Étienne (Loire).

Date de la mise en marche : Mars 1897.

Situation géographique : Bellegarde-sur-Valserine (Ain). Elle communique par un embranchement particulier d'un kilomètre de longueur, avec les lignes de Mâcon à Genève, de Bourg à Bellegarde, de Bellegarde au Bouveret.

Force motrice hydro-électrique : La force est louée à la Société des forces hydrauliques du Rhône ; elle est reçue par transport électrique, sous forme de courant triphasé à 210 volts ; chute du Rhône, fleuve alimenté par un glacier et le lac Léman ; transformateurs triphasés construits à la Buire, près Lyon, de 300 chevaux chacun.

Nombre de chevaux : 2400.

Type et nombre des fours : Six fours triphasés, système Bertolus.

Matières premières : Coke métallurgique de Saint-Étienne à 5 p. c. de cendres au maximum ; chaux provenant des massifs jurassiques de Chambéry.

Production annuelle : Les renseignements nous manquent.

Centres de vente : France et colonies.

6° *Deuxième usine de Bellegarde (Ain).*

Propriétaire : Société électro-chimique du Giffre, société anonyme, au capital de 1 000 000 de francs, à Annecy.

Date de la mise en marche : Juin 1897.

Situation géographique : Sur la Valserine, à 1800 mètres de la gare de Bellegarde.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Valserine ; trois turbines Bouvier, de Grenoble ; deux alternateurs Labour.

Nombre de chevaux : 500.

Type et nombre des fours : Deux fours spéciaux.

Matières premières : Chaux de Bellegarde; coke et anthracite.

Production annuelle : 600 tonnes.

Centres de vente : France et étranger.

7° *Troisième usine de Bellegarde.*

Propriétaire : Société franco-suisse, filiale de la Société des carbures métalliques.

Date de la mise en marche : Début de 1901.

Situation géographique : Bellegarde-sur-Valserine (Ain).

Force motrice hydro-électrique : Chute du Rhône.

Nombre de chevaux : 4500.

8° *Usine de Bozel.*

Propriétaire : Compagnie générale d'électro-chimie, société anonyme, au capital de 4 000 000 de francs, à Paris.

Date de la mise en marche : Février 1900.

Situation géographique : A 9 kilomètres en amont de Brides-les-Bains, dans la vallée du Doron de Pralognan, dans l'arrondissement de Moutiers-Salins (Savoie).

Force motrice hydro-électrique : Chute du Doron de Pralognan; sept turbines de 700 chevaux, système Francis, à axe horizontal, fournies par la Société Escher Wyss et Cie, de Zurich; sept dynamos, fabriquées par la Compagnie de Fives-Lille.

Nombre de chevaux : 5000.

Type et nombre des fours : 14 fours, système Bullier.

Production annuelle : 2000 tonnes de carbure de calcium; 1500 tonnes de ferro-silicium — ferro-alliages.

Matières premières : Calcaires et anthracites, tirés de concessions acquises par la Compagnie dans la région même.

Centres de vente : France et étranger,

9° *Usine du Castelet.*

Propriétaire : Société hydro-électrique des Pyrénées, au capital de 1 100 000 francs, à Toulouse.

Date de la mise en marche : 11 janvier 1899.

Situation géographique : A 900 mètres de la halte du Castelet, dans la vallée de l'Ariège.

Force motrice hydro-électrique : Chute de l'Ariège; trois turbines centripètes aspirantes doubles (Hercule modifié), fournies par la maison Bonnet, à Toulouse; deux turbines plus petites; trois alternateurs biphasés Thury, de 730 chevaux, avec

excitatrice de 7700 watts ; une dynamo à courant continu de 80 000 watts.

Nombre de chevaux : 2500.

Type et nombre des fours : Fours système Bullier.

Matières premières : Calcaires d'Ussat-les-Bains ; coke lavé de Carmaux, à 7 p. c. de cendres au maximum ; anthracites anglais.

Production annuelle : 1500 tonnes.

Centres de vente : La société vend ses produits par l'intermédiaire de la Société des carbures métalliques.

10° *Usine de Chapareillan.*

Propriétaire : Société des forces motrices du haut Grésivaudan, au capital de 1 000 000 de francs, à Grenoble.

Date de la mise en marche : Août 1897.

Situation géographique : A Chapareillan (Isère), au pied du massif de la Grande Chartreuse, dans la vallée du Grésivaudan.

Elle est distante de trois kilomètres environ de Pontcharra-sur-Bréda, station sur la ligne de Grenoble à Chambéry.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Cernon ; deux alternateurs Zypernowski-Creusot, de 200 chevaux chacun ; deux alternateurs Labour, chacun de 400 chevaux ; transformateurs abaissant la tension de 5000 à 110 volts.

Nombre de chevaux : 1200.

Type et nombre des fours : Fours coulants Bullier.

Matières premières : Calcaires de Chambéry et Grenoble ; anthracite des mines de la Mure (Isère).

Production annuelle : Les renseignements nous font défaut.

Centres de vente : Midi et nord-ouest de la France, Italie, Espagne, Australie.

11° *Usine de Chedde.*

Propriétaires : MM. Corbin et Cie.

Date de la mise en marche : Septembre 1899.

Situation géographique : Dans la commune de Passy (Haute-Savoie), à trois kilomètres du Fayet-Saint-Gervais, station sur la ligne de la Roche-sur-Foron au Fayet-Saint-Gervais.

Force motrice hydro-électrique : Chute de l'Arve ; dix turbines Brenier et Neyret, de Grenoble ; dix dynamos à courant continu, de 1000 chevaux chacune.

Nombre de chevaux : 12 000, dont 10 000 affectés à la production du chlorate de potasse, et 2000 à la fabrication du carbure de calcium.

Type et nombre des fours : Deux fours coulants.

Matières premières : Chaux de Bellegarde ; coke métallurgique de Saint-Étienne.

Production annuelle : Les renseignements nous manquent.

Centre de vente : Exportation.

12° *Usine des Clavaux.*

Propriétaire : Compagnie universelle d'Acétylène, au capital de 3 800 000 francs, à Paris.

Date de la mise en marche : Ne fabrique pas actuellement du carbure de calcium. Par des marchés très avantageux qui lui permettent de vendre cette marchandise à des prix défiant toute concurrence, la société s'est assuré, pour un assez long laps de temps, autant de tonnes de carbure qu'il lui sera nécessaire de s'en procurer pour satisfaire sa clientèle, de beaucoup la plus nombreuse en France, et déjà très vaste à l'étranger.

Situation géographique : A Livet-Gavet (Isère), sur la ligne de Vizille à Bourg d'Oisans. Un embranchement du chemin de fer entre dans l'usine.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Romanche ; cinq groupes électrogènes de 540 chevaux et un groupe de 100 chevaux ; dynamos à courant continu du Creusot et des maisons Alioth et Labour.

Nombre de chevaux : 2500 en service ; près de 10 000 en plus, faciles à utiliser, dont 2500 déjà captés. Les deux mille cinq cents chevaux utilisés servent à fabriquer de l'axylithe, produit nouveau (brevets G. P. Jaubert), à base de peroxyde de sodium, dégageant au contact de l'eau 100 litres environ d'oxygène par kilogramme de matière.

La Compagnie universelle d'Acétylène possède une licence du brevet Bullier.

Centres de vente : France, Espagne, Belgique, Algérie, Tunisie, Madagascar, Indes orientales, Amérique du Sud, etc.

13° *Usine de Crampagna.*

Propriétaire : Société des usines électro-chimiques de Crampagna, au capital de 250 000 francs, à Toulouse.

Date de la mise en marche : Février 1897.

Situation géographique : Entre Foix et Pamiers, dans la vallée de l'Ariège, à deux kilomètres de la gare de Varilhe, sur la ligne du chemin de fer de Toulouse à Ax-les-Thermes.

Force motrice hydro-électrique : Chute de l'Ariège, trois turbines de 280 à 300 chevaux de la maison Grèzes et Piques, de Toulouse; dynamos Siemens et Halske, construites par la Société alsacienne des constructions métalliques.

Nombre de chevaux : 800 environ.

Type et nombre des fours : Trois fours, dont deux établis par M. l'ingénieur Pradiers, l'un pour carbure en blocs, l'autre pour carbure coulé. Le troisième four est un four coulant.

Matières premières : Chaux de Crampagna, fabriquée dans l'usine même, tirée de calcaires voisins ; coke de Carmaux à 7 p. c. de cendres.

Production annuelle : 400 tonnes.

Centres de vente : France et étranger.

14° *Usine de Froges.*

Propriétaire : Société métallurgique française, société anonyme au capital de 5 700 000 francs.

Date de la mise en marche : Septembre 1895.

Situation géographique : A Froges, dans le Grésivaudan, vallée de l'Isère, à deux kilomètres cinq cents mètres de la gare de Brignoud, sur la ligne de Grenoble à Chambéry.

Force motrice hydro-électrique : Chute du ruisseau des Adrets ; trois turbines, deux de 250, une de 75 chevaux, du type Escher-Wiss, de Zurich ; dynamos à courant continu, système Brown.

Nombre de chevaux : 500.

Type et nombre des fours : Deux fours Héroult.

Matières premières : Chaux de Chambéry ; coke de Saint-Étienne.

Production annuelle : 300 tonnes environ.

Centres de vente : France, Espagne.

15° *Usine de Kerrousse.*

Propriétaire : M. Bougère.

Date de la mise en marche : Octobre 1900.

Situation géographique : Près d'Hennebont (Morbihan).

Force motrice hydro-électrique : Chute du Blavet ; quatre turbines Singrün Hercule Progrès, à axe vertical de 115 chevaux chacune. Deux alternateurs monophasés Labour de 250 chevaux chacun.

Type et nombre des fours : Quatre fours à incandescence Gin et Lelenx.

Nombre de chevaux : 450.

Matières premières : Calcaire du pays ; anthracite maigre d'Angleterre.

Production annuelle : 350 tonnes.

Centres de vente : France et étranger.

16° *Usine de la Praz.*

Propriétaire : Usine de la Société métallurgique française.

Date de la mise en marche : Octobre 1896.

Situation géographique : Dans la Maurienne, vallée de l'Arc, à côté de la gare de la Praz, sur la ligne de Paris à Modane.

Force motrice hydro-électrique : Deux chutes de l'Arc ; vingt turbines dont le nombre sera prochainement porté à trente ; dix-sept dynamos, dont vingt, système Thury et cinq, système Brown. (Trois dynamos Brown sont seules utilisées pour la fabrication du carbure de calcium, les autres sont affectées à celle de l'aluminium).

Nombre de chevaux : 15 000 chevaux, dont 600 pour le carbure de calcium.

Type et nombre des fours : Fours Héroult.

Matières premières : Les mêmes qu'à Froges.

Production annuelle : 1500 kilogrammes par vingt-quatre heures, soit 550 tonnes par an.

Centres de vente : France et Italie.

17° *Usine de Mancioux.*

Propriétaire : Société électro-métallurgique des Pyrénées, société anonyme au capital de 210 000 francs, à Mancioux.

Date de la mise en marche : Juin 1898.

Situation géographique : Sur la route nationale de Toulouse à Tarbes, entre les gares de Boussens et de Saint-Martory.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Garonne ; une

turbine Fontaine, de la maison Shabaver, de Castres ; un alternateur Thury biphasé de 600 kilowatts.

Nombre de chevaux : 400.

Type et nombre des fours : Deux fours Cartier.

Matières premières : Chaux très pure de marbre blanc : coke d'Angleterre.

Production annuelle : 280 tonnes.

Centre de vente : Midi de la France.

18° *Usines de Notre-Dame de Briançon.*

Propriétaire : Société des carbures métalliques, société anonyme au capital de 3 200 000 francs, à Paris.

Date de la mise en marche : Juin 1897.

Situation géographique : L'usine génératrice est située sur les bords du Merdarel, dans la vallée de Belleville, à trois kilomètres de Moutiers. Les usines de fabrication occupent les deux rives de l'Isère, à l'altitude de 900 mètres et à la distance de 1300 mètres de la gare de Notre-Dame de Briançon, sur la ligne d'Albertville à Moutiers.

Force motrice hydro-électrique : Torrents de l'Eau Rousse et du Merdarel.

Chute de l'Eau Rousse : Cinq turbines à axe horizontal de la maison Duvillard, de Lausanne ; cinq alternateurs monophasés à fer tournant. — Chute du Merdarel : Trois turbines à axe horizontal de 2200 chevaux chacune de la maison Picard et Pictet, de Genève : trois alternateurs triphasés à 15 000 volts. Neuf transformateurs monophasés de 650 chevaux chacun, reçoivent la force à Notre-Dame de Briançon.

Nombre des chevaux : En service, 6000 ; en installation, 8800 en plus.

Type et nombre des fours : Fours Bullier.

Matières premières : Chaux, calcaire d'Aix-les-Bains ; charbon, anthracite d'Angleterre à peu de cendres.

Production annuelle : Renseignements incomplets.

Centres de vente : France et étranger ; surtout Allemagne, Amérique, Belgique, Italie, Madagascar, etc.

19° *Usine du Plan-du-Var.*

Propriétaire : Société Niçoise d'électro-chimie, à Lyon.

Date de la mise en marche : 1er août 1900.

Situation géographique : Commune de Bonson (Alpes-Maritimes), sur la ligne de Puget-Théniers à Nice.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Mezcla, sur le Var. Trois turbines Brenier-Neyret de 1200 chevaux chacune : trois dynamos à courant alternatif monophasé, type Brown-Boveri et Cie.

Nombre de chevaux : 4000.

Type et nombre de fours : Trois fours " La Volta ".

Matières premières : Chaux de la Colle : charbon de provenances diverses.

Production annuelle : Encore indéterminée.

Centres de vente : France et étranger.

20° *Usine du Pont-de Giffre.*

Propriétaire : Société électro-chimique du Giffre, au capital de 1 000 000 de francs, à Annecy.

Date de la mise en marche : Janvier 1899.

Situation géographique : Dans la valée du Giffre, commune de Mieussy, sur la ligne de Marignier à Saint-Isoire, à égale distance des deux têtes de ligne.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Giffre. Huit turbines de 1100 chevaux chacune, des ateliers de construction de Vevey ; plusieurs petites turbines; six dynamos de 720 kilowatts, dont deux Farcot et quatre Thury ; quelques dynamos de moindre importance.

Nombre de chevaux : 8000.

Type et nombre des fours : Seize fours, dont douze actuellement en service.

Matières premières : Chaux de Bellegarde (Ain) ; anthracite anglais.

Production annuelle : Environ 8300 à 8400 tonnes.

Centres de vente : France et étranger.

21° *Usine de Rioupéroux.*

Propriétaire : L'Électrique Rioupéroux, société anonyme au capital de 1 000 000 de francs, à Saint-Étienne.

Date de la mise en marche : Fin 1900.

Situation géographique : A Rioupéroux (Isère), dans la vallée de la Romanche. Elle est reliée au chemin de fer de Vizille à Bourg-d'Oisans.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Romanche. Turbines ; cinq dynamos de 800 chevaux chacune.

Nombre de chevaux : 4000.

Type et nombre des fours :
Matières premières :
Production annuelle :
Centres de vente :
} Données inconnues.

22° *Usine de la Roche-Posay.*

Propriétaire : M. Lelièvre, à Tours.

Date de la mise en marche : Janvier 1896.

Situation géographique : Sur la route de Lesigny à La Roche, desservie par la gare de La Roche-Posay, sur la ligne de Châtellerault à Tournon-Saint-Martin.

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Creuse. Turbines américaines construites par la maison Laurent et Coller, de Dijon ; alternateur de 150 chevaux.

Nombre de chevaux : 150.

Type et nombre des fours : Un four Lelièvre.

Matières premières : Chaux de la région ; anthracite, coke de pétrole.

Production annuelle : Environ 14 tonnes.

Centres de vente : Centre et Ouest de la France.

23° *Usine Rochette.*

Propriétaire : MM. Rochette frères.

Date de la mise en marche : Octobre 1898.

Situation géographique : A Épierre (Savoie), sur la ligne de Paris à Modane.

Force motrice hydro-électrique : Chute du torrent des Fourneaux. Deux turbines Girard de 600 chevaux ; deux turbines plus petites ; deux dynamos Thury.

Nombre de chevaux : 1200.

Type et nombre de fours : Deux fours spéciaux.

Matières premières : Chaux de Chambéry ; coke de Saint-Étienne.

Production annuelle : 1100 tonnes environ, soit 3 tonnes par jour.

Centres de vente : France, Allemagne, Italie, etc...

24° *Usine de Saint-Alban-des-Villards.*

Propriétaire : M. E. Payrard, à Grenoble.

Date de la mise en marche : Août 1900.

Situation géographique : Sur la route de la Chambre à Saint-Colomban-des-Villards, à six kilomètres environ de Saint-Avre-la-Chambre, station sur la ligne de Culoz-Modane-Turin, à 780 mètres d'altitude.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Merlet. Une turbine à axe horizontal de la maison J. Fournier, de Lyon ; un alternateur triphasé, système E. et H. Payrard ; turbines et dynamos accessoires.

Nombre de chevaux : 1500.

Type et nombre des fours : Trois fours E. et H. Payrard.

Matières premières : Chaux de Grenoble; coke de provenances diverses.

25° *Usine de Saint-Béron.*

Propriétaire : Société électro-métallurgique de Saint-Béron, à Lyon.

Date de la mise en marche : Janvier 1896.

Situation géographique: Vallée de Guion, à l'entrée des gorges de Chailles, sur la ligne de Lyon à Chambéry, par Saint-André-le-Gaz.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Guiers. Cinq turbines Brenier et Neyret : cinq dynamos Thury : trois turbines et trois dynamos Brown.

Nombre de chevaux : 3600.

Type et nombre de fours : Douze fours Gin et Leleux.

Matières premières : Calcaires des gorges de Chailles; cokes et anthracites à faible teneur en cendres.

Production annuelle : 2500 à 3000 tonnes.

Centres de vente : France (principalement) et étranger.

26° *Usine de Saint-Félix-de-Maurienne.*

Propriétaire : Société l'Inexplosible, au capital de 600 000 fr., à Paris.

Date de la mise en marche : Septembre 1899.

Situation géographique : Commune de Saint-Michel-de-Mau-

rienne, à cinq kilomètres de la gare, sur la ligne de Paris à Modane.

Force motrice hydro-électrique : Chute de l'Arc. Turbines à axe horizontal accouplées directement ; un alternateur.

Nombre de chevaux : 2500 à 3000.

Type et nombre des fours : Fours spéciaux à la société.

Matières premières : Chaux fabriquée à l'usine et tirée de calcaires voisins ; charbons de la région.

Production annuelle : Les renseignements nous manquent.

Centres de vente : France et étranger.

27° *Usine de Saint-Michel-de-Maurienne.*

Propriétaire : Société d'électro-chimie, société anonyme au capital de 3 400 000 francs.

Cette usine avait consacré 1000 chevaux à la fabrication du carbure de calcium. Elle est exclusivement affectée aujourd'hui à la production du chlorate de potasse.

Force motrice hydro-électrique : Chute de l'Arc. Dynamos Thury, du Creusot.

Nombre de chevaux : 1000.

Type et nombre des fours : Fours de la Gold und Silber Scheide Anstalt, de Francfort.

Matières premières : Chaux des calcaires du pays ; anthracite de la Mure.

28° *Usine de Salies-du-Solat.*

Propriétaire : Compagnie des salins du Midi, société anonyme au capital de 7 037 500 francs, à Paris.

Date de la mise en marche : Juin 1899.

Situation géographique : Salins de Salies-du-Salat (Haute-Garonne), sur la ligne de Boussens à Saint Girons.

Force motrice hydro-électrique : Dérivation du Salat. Deux turbines à cuve, système Fontaine, de la maison Shabaver, de Castres ; deux alternateurs Alioth accouplés de 100 kilowatts chacun.

Nombre de chevaux : 300.

Type et nombre des fours : Deux fours brevetés par la société.

Matières premières : Chaux de Salies ; coke d'Albi ou de Carmaux, anthracite.

Centre de vente : Midi de la France.

29° *Usine de Séchilienne.*

Propriétaire : Compagnie française des carbures de calcium, société anonyme au capital de 500 000 francs, à Séchilienne.

Date de la mise en marche : Décembre 1897.

Situation géographique : Dans la vallée de la Romanche, à vingt-cinq kilomètres de Grenoble, et à trois cent soixante-quatre mètres d'altitude, à cinq cents mètres de la gare de Séchilienne, sur la ligne de Vizille à Bourg-d'Oisans.

Force motrice hydro-électrique : Dérivation de la Romanche. Quatre turbines centripètes à axe horizontal de 280 chevaux chacune, sortant des ateliers Brenier et Neyret : quatre alternateurs Labour de 200 kilowatts.

Nombre de chevaux : 1200.

Type et nombre des fours : Six fours Bullier.

Matières premières : Chaux de la région : anthracite et coke de provenances diverses.

Production annuelle : 900 tonnes, soit environ 2500 kilos par jour.

Centres de vente : France, Allemagne, Amérique du Sud, Angleterre, Autriche, Espagne, Italie, Indes, etc.

30° *Usine de la Société Champenoise.*

Propriétaire : Société Champenoise pour la fabrication du carbure de calcium, à Châlons-sur-Marne.

Date de la mise en marche : Janvier 1901.

Situation géographique : A Sorry-Sagny, dans la vallée de la Marne, à cinq kilomètres de Châlons, sur la ligne de Paris à Avricourt et le canal de la Marne au Rhin.

Force motrice hydro-électrique et par la vapeur : 800 chevaux-vapeur ; turbine Phénix de 900 chevaux ; alternateurs monophasés Postel-Vinay.

Type et nombre des fours : Quatre fours Bullier.

Matières premières : Chaux des calcaires de Champagne, coke ou anthracite.

Centre de vente : Est de la France.

31° *Usine de la Romanche.*

Propriétaire : Société électro-chimique de la Romanche, société anonyme au capital de 2 750 000 francs, à Lyon.

Date de la mise en marche : Janvier 1901.

Situation géographique : A côté de la gare de Livet (Isère).

Force motrice hydro-électrique : Chute de la Romanche. Cinq turbines à force centripète, Brenier et Neyret ; cinq dynamos Thury de 1200 chevaux.

Type et nombre des fours : Fours électriques du type de la Volta suisse.

Nombre de chevaux : 6000.

Matières premières : Chaux du Dauphiné ; charbons de la Loire.

Centres de vente : France et étranger.

32° *Usine de Vallet-les-Bléré.*

Propriétaire : Société centrale pour la fabrication du carbure de calcium, à Tours.

Date de la mise en marche : Juin 1896.

Situation géographique : Sur la rive gauche du Cher, non loin de la gare Bléré-Lacroix, sur la ligne de Tours à Vierzon.

Force motrice hydro-électrique : Chute du Cher. Turbines du type Hercule. Progrès américain : une dynamo Gramme.

Nombre de chevaux : 250.

Type et nombre des fours : Quatre fours Patin.

Matières premières : Chaux de Portillon ; coke du Creusot.

Centre de vente : Ouest de la France.

33° *Usine de Villelongue.*

Propriétaire : Société des usines électro-métallurgiques de Villelongue, société anonyme au capital de 2 200 000 francs.

Date de la mise en marche : Dans le courant de 1901.

Situation géographique : A dix-huit cents mètres de la gare de Pierrefite-Nestalas (Hautes-Pyrénées), sur la ligne de Lourdes à Pierrefite.

Force motrice hydro-électrique : Chute du ruisseau d'Isaby. Turbines à injection partielle, à axes horizontaux ; alternateurs triphasés de la maison Gariz, à Budapest.

Nombre de chevaux : 5000.

Type et nombre des fours : Seize fours à incandescence, système Gin et Lelenx.

L'usine ne fonctionne pas encore à l'heure où nous écrivons ces lignes.

Usines étrangères.

On comptait, dans le monde entier, au début de 1901, quatre-vingt-quatre usines fabriquant du carbure de calcium.

Elles pouvaient se répartir ainsi : Sept usines en Allemagne. Huit en Autriche. Deux au Canada. Deux en Espagne. Neuf aux États-Unis. Trente-trois en France. Trois dans la Grande-Bretagne. Quatre en Italie. Trois en Norvège. Une au Pérou. Une en Russie. Quatre en Suède. Sept en Suisse.

Depuis le 1er janvier le nombre en a certainement augmenté ; mais à cette époque la France possédait, à elle seule, plus du tiers des usines déjà construites. Depuis lors des événements sont survenus qui ne tarderont pas à réduire notablement en France la production du carbure de calcium.

ÉDOUARD CAPELLE.

II

TROISIEME CENTENAIRE DE LA MORT DE TYCHO BRAHE

Le 24 octobre 1901 a clos le troisième centenaire de la mort de Tycho Brahe. Il était né le 14 décembre 1546 (vieux style) à Knudstrup, près de Helsingborg ; deux ans et demi après la mort de Copernic et vingt-cinq ans avant la naissance de Kepler (1).

(1) La Scanie, province méridionale de la Suède actuelle, où se trouve Helsingborg et l'île Hven, dont nous parlerons plus loin, ont appartenu au Danemark jusqu'en 1658, époque à laquelle elles ont été cédées à la Suède.

Le prénom de l'illustre astronome est *Tyge ;* c'est ainsi qu'il signait toutes les fois qu'il écrivait dans sa langue maternelle ; il signait *Tycho* dans sa correspondance en latin ou en allemand. A ce prénom, il joignait le surnom *Ottesen*, fils d'Otto ; son nom de famille était *Brahe*. Il y ajoutait le nom du fief patrimonial de *Knudstrup*, en sorte que son nom complet était *Tyge Ottesen Brahe til Knudstrup*.

Nous ne nous proposons pas de raconter ici l'histoire de sa vie et de ses travaux ; nous voulons seulement en rappeler quelques souvenirs, en nous faisant l'écho des fêtes jubilaires du 24 octobre dernier (1).

Tycho était encore enfant — c'est lui qui nous l'apprend — que déjà s'éveillait son attrait pour l'astronomie. Jeune homme, il passait souvent les nuits à contempler le ciel. Lui-même a raconté, en une fiction poétique, l'histoire de sa vocation dans une élégie *In Uraniam* insérée dans le premier ouvrage publié sous son nom.

Il demeurait alors chez son oncle, Sten Bille (Bilde), qui favorisa sa carrière de lettré et de savant en dépit des destinées bien différentes auxquelles l'appelaient sa fortune et sa noblesse. Il imagine qu'au cours d'une promenade dans la forêt, la déesse Uranie lui apparaît et, en un long discours, lui décrit les merveilles de son empire et le rôle des astres sur les destinées humaines. En même temps, elle se plaint de l'indifférence des hommes pour tant de splendeurs et de si utiles leçons. Mais elle a vu ce jeune seigneur si assidu à contempler le ciel,

(1) On peut consulter sur l'histoire et les travaux de Tycho Brahe :
Gassendi, *Opera omnia*, t. V, Lugduni, 1658.
Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. I, pp. 148-261, Paris, 1821.
F.-R. Friis, *Tyge Brahe*. En historisk Fremstilling efter trykte og otrykte Kilder. Med Tyge Brahe Portræt og flere Træsnit i Texten. — Kjöbenhavn. Forlagt af den Gyldendalske Beghandel, 1871. *(Tycho Brahe*. Étude historique d'après les sources imprimées et manuscrites, avec portrait de Tycho Brahe et plusieurs gravures sur bois dans le texte. — Copenhague, librairie Gyldendal, 1871). Un vol. in-8°, de 386 pp.
J. L. E. Dreyer, Ph. D., F. R. A. S., *Tycho Brahe*, a Picture of scientific Life and Work in the sixteenth Century. Edinburgh, Black, 1890. — Cet ouvrage a été traduit en allemand, par Maria Bruhns, en 1894.
Les fêtes jubilaires du 24 octobre 1901 ont fait l'objet d'un article de MM. **J. L. E. Dreyer** et **Bohuslay Brauner**, *The tercentenary of Tycho Brahe's Death*, publié dans NATURE, vol. 65, livraison du 7 novembre, 1901, pp. 5 et suivantes.

Sæpe sub astrifera lustrantem sidera nocte.

Elle espère trouver en lui un disciple fidèle,

Te fore perpetuò qui mihi thura daret.

Elle l'encourage et lui promet une gloire impérissable pour récompense de ses travaux :

Te modo non pigeat suaves subire labores
Uraniæ, et superas scandere adusque domos.
Hinc (nisi vana fides Divæ cui Fata ministrant)
Nomen ab æterna Posteritate feres.

Le favori d'Uranie est gagné d'avance. Que lui importent l'illustration de sa race, les vains honneurs du monde et ses plaisirs plus vains encore ? La gloire qu'il ambitionne est celle qui lui viendra de ses travaux :

Et licet ipse etiam, genitus de gente *Brahorum*,
Nomen ab insigni nobilitate traham :
Et licet antiquus materni sanguinis ordo
Bildorum celebrem me quoque stirpe ferat :
Nil tamen his moveor. Nam quæ non fecimus ipsi,
Et Genus et Proavos, non ego nostra voco.

Il est resté fidèle à sa vocation, et la déesse n'a pas failli à ses promesses.

Dès l'âge de 16 ans, rien ne pouvait le distraire de ses préoccupations astronomiques. Envoyé à l'université de Leipzig pour y étudier le droit, il ne cessa d'y regarder le ciel.

C'est là qu'en observant la conjonction des planètes Saturne et Jupiter, il constata que les tables de ces planètes étaient de plusieurs jours en erreur sur la date du phénomène. Il se promit d'en construire de nouvelles, plus étendues, plus exactes surtout, scrupuleusement comparées aux apparences, et de s'employer tout entier à perfectionner l'astronomie d'observation. Ce fut, en effet, l'œuvre principale et extrêmement féconde de sa vie.

Le premier événement qu'on y rencontre est la découverte que fit Tycho, à Herrisvad, le 11 novembre 1572, d'une étoile nouvelle apparue subitement dans la constellation de Cassiopée. Il réunit sur ce prodige céleste de nombreuses observations ; il les expose et les discute, dans son premier ouvrage, imprimé à un très petit nombre d'exemplaires.

La Société royale des sciences de Copenhague, à l'occasion des solennités jubilaires du 24 octobre dernier, a eu l'heureuse

idée de rééditer cet opuscule, devenu très rare, en un élégant volume que nous allons parcourir. Il a pour titre :

TYCHONIS BRAHE DANI | DIE XXIV OCTOBRIS A. D. MDCI DEFUNCTI | OPERUM PRIMITIAS | DE STELLA NOVA | SUMMI CIVIS MEMOR | DENUÒ EDIDIT | REGIA SOCIETAS SCIENTIARUM DANICA. | INSUNT EFFIGIES ET MANUS SPECIMEN TYCHONIS. — Haunniæ | die XXIV octobris A. D. MDCCCCI.

Il s'ouvre par la reproduction d'un très beau portrait de l'illustre astronome. L'original, un dessin à la plume, appartient à la collection royale des gravures de Copenhague; les uns l'attribuent au graveur allemand Goltzius, d'autres au peintre augsbourgeois Gemperlinus que Tycho avait fait venir en Danemark, vers 1575, et qui fit plus tard le portrait célèbre qui ornait le grand cercle mural d'Uranibourg.

Dans une introduction écrite en latin, M. C. F. Pechüle, de l'observatoire de Copenhague, retrace brièvement l'histoire de l'ouvrage que réédite la Société royale danoise.

Le manuscrit d'où on l'a primitivement extrait, est conservé à la Bibliothèque de Vienne. C'est une sorte d'Almanach astronomique, astrologique et météorologique pour l'an 1573, où se trouvent insérés le traité *De nova Stella*, une notice sur l'éclipse de Lune du mois de décembre 1573, l'élégie *In Uraniam* que nous citions tantôt, etc. (1).

Tycho communiqua ce manuscrit à ses amis pour qui il l'avait écrit. L'un d'eux, Johannes Pratensis, professeur de médecine à l'Université de Copenhague, l'engagea vivement à le publier. L'auteur lui répond que ce travail n'était pas destiné au public que les figures qui l'accompagnent et certains signes spéciaux qu'on y rencontre, en rendraient l'impression difficile ; et puis l'année est trop avancée pour qu'on puisse songer à publier un Almanach dont une bonne partie est devenue inutile. Il permet toutefois à son ami d'en faire les extraits qu'il jugera convenables : le traité *De nova stella*, entre autres, n'a pas perdu de son intérêt. Il lui envoie donc le manuscrit où il a, en marge, mis à jour (jusqu'au mois de mai 1573) ses observations de la *nova*.

C'est d'elle surtout qu'il parle dans sa lettre. C'est bien une

(1) Voici le titre complet de ce manuscrit : *Diarium astrologicum et metheorologicum anni a nato Christo 1573, ad loci longitudinem graduum 35, latitudinem graduum 56. Accessit tractatus De nova quadam et inusitata stella quæ juxta finem anni præcedentis nulli aevo prius conspecta apparere cœpit.*

étoile, dit-il, à placer dans la huitième sphère parmi les fixes, et non une comète. A d'autres bonnes raisons qu'il en donne dans son traité, il ajoute ici que les comètes s'ornent d'une queue ; or, l'étoile nouvelle n'a rien qui rappelle cet appendice. Qu'on ne dise pas que la queue se projette peut-être derrière la tête, que nous prenons ainsi pour une étoile : les anciens n'ont pas ignoré, et, plus près de nous, les illustres mathématiciens Petrus Apianus et Gemma Frisius ont mis hors de doute que la queue des comètes s'étale toujours dans la direction opposée au Soleil.

Johannes Pratensis, usant de l'autorisation qui lui était accordée, publia ces extraits sous le titre : *Tychonis Brahe Dani, De nova et nullius aevi memoria prius visa stella, iam pridem anno a nato Christo 1572, mense Novembri primum conspecta, Contemplatio mathematica.* Le titre se poursuit, détaillant les autres documents réunis dans le volume : il s'achève par cette indication : *Hafniæ, impressit Laurentius Benedicti, 1573.*

C'est de cet opuscule imprimé que la publication jubilaire de la Société royale danoise donne une reproduction photographique.

On y trouve la lettre de Johannes Pratensis engageant Tycho à publier son *Diarium*, et la réponse de l'auteur : nous l'avons résumée plus haut. Vient ensuite le traité *De nova stella.* Il est suivi d'une dissertation astrologique, d'une notice sur l'éclipse de décembre 1573 et de l'élégie *In Uraniam.*

Dans la publication jubilaire, à la suite de cette reproduction, on trouve une notice, en danois, où M. F. C. Pechüle retrace l'histoire de ce petit livre ; puis pour clore le volume, la reproduction photographique d'une page du manuscrit du *Diarium*, empruntée à la notice sur l'éclipse de lune de décembre 1573.

Il est intéressant de lire le jugement que Tycho porte lui-même sur ce premier ouvrage, dans ses *Astronomiæ instauratæ Progymnasmata.* " Diffiteri non possum, dit-il, quod aliquoties me istius publicationis pœnituerit, non quod ea quæ continebantur præcipua ex parte rite constare incertus essem, sed quod rei quam tractabam magnificentiam non omnibus suis partibus satis luculenter atque solide elaboratum esset : præsertim vero, quoniam quædam non magni momenti, ex eodem *Diario*, farragines adjungebantur. "

Arrêtons-nous un instant au traité de la nouvelle étoile.

Tycho raconte d'abord — non sans enthousiasme — la première observation qu'il en fit dans la soirée du 11 novembre 1572. Il insiste sur la rareté d'un tel prodige qu'il rapproche du

miracle de Josué. Rien de pareil ne s'est vu depuis Hipparque à qui il fut donné — si l'on en croit le témoignage de Pline — de jouir du même spectacle. Quelques-uns ont pensé qu'Hipparque avait pris pour une étoile nouvelle, l'apparition d'une comète. Un astronome aussi habile et aussi exercé ne peut être soupçonné d'une telle méprise.

Acceptons le fait et laissons toute discussion oiseuse sur le mode de génération du nouvel astre : ni les philosophes, ni les théologiens, ni les mathématiciens eux-mêmes ne sauraient nous en livrer le secret. " Reliquum igitur est, ut statuamus Dei totius Machinae mundanae opificis, admirandum hoc esse Ostentum, praeter omnem naturae ordinem, a seipso in initio constitutum : Nunc demum advesperascenti mundo exhibitum. Divina enim magestas liberrime agit, nec ullis obstricta est Naturae vinculis, sed cum vult, sistit aquam fluviis et vertit sidera retro. „

Qu'on se garde aussi de croire au retour de l'*étoile des Mages*, qui n'a rien de commun avec celle-ci (1).

Toutes ces conjectures sont vaines ; sans s'y arrêter davantage, l'auteur se bornera à décrire ce que l'observation lui a fait voir.

Après avoir marqué la place que le nouvel astre occupe sur la sphère et déterminé ses coordonnées, il aborde la question de sa position dans l'espace.

Les observations ne lui ont révélé aucun effet de parallaxe. Il en conclut qu'on ne peut placer l'apparition ni à l'intérieur de la sphère de la Lune, ni même dans les cieux des autres astres errants : il faut la reporter dans la huitième sphère, parmi les étoiles fixes. Ce n'est donc ni une comète, ni quelqu'autre météore igné, puisque les comètes et les météores — au témoignage unanime des philosophes — naissent dans les régions supérieures de notre atmosphère (2).

(1) On se souvient qu'un écrivain facétieux fit revivre cette conjecture, il y a une quinzaine d'années : l'étoile de Bethléem était une variable périodique dont la période comptait 314 ans. Tycho l'avait observée en 1572, elle devait réapparaître en 1886. Le nombre des lettres adressées à l'observatoire de Greenwich, au sujet de cet événement, fut tel qu'on dut faire imprimer une circulaire pour y répondre et démentir cette plaisanterie. Young, *A Text-Book of General astronomy*, 1900, p. 521, nº 843.

(2) C'était l'opinion d'Aristote. Les comètes n'appartenaient donc pas à l'astronomie, mais à la météorologie. Ptolémée se conforme à cette manière de voir quand il exclut les comètes de son *Almageste*.

Toutefois, Tycho s'empresse d'ajouter un correctif : " Nisi quis cum Albateguio statuere velit cometas non in aëre sed in coelo nasci. Ille enim se Cometam supra Lunam in sphaera Veneris observasse existimat : quod an fieri possit, nobis nondum constat : *sed Deo dante aliquando, si nostra aetate aliquis extiterit Cometa, ejus rei certitudinem inquiremus.* " Disons de suite que cette circonstance se présenta et que Tycho sut en profiter. C'était en 1577. Une comète apparut qu'il observa à Uranibourg, fixant ses positions successives sur la sphère par rapport aux étoiles voisines. La comparaison de ses observations à celles qui avaient été faites, aux mêmes époques, à Prague et ailleurs, lui fit conclure à l'absence de parallaxe sensible : les comètes ne sont donc pas des météores atmosphériques, et il faut les reléguer bien loin du ciel de la Lune, dans la région des fixes.

Dans le paragraphe suivant, l'auteur décrit les variations d'éclat et de couleur de la nouvelle étoile. Au moment de sa découverte, elle surpassait non seulement les étoiles les plus brillantes, mais même les planètes Vénus et Jupiter, alors en opposition. On put même l'apercevoir en plein jour. Mais bientôt son éclat pâlit : en décembre 1572, elle rivalisait encore avec Jupiter : elle lui cédait le pas, en janvier 1573, tout en restant plus brillante que les étoiles de première grandeur. Elle égalait celles-ci et la planète Mars, en février, et tombait au rang d'étoile de seconde grandeur, en mai. Tycho en conclut que ces dimensions *réelles* surpassaient à ce moment les dimensions de la Terre autant que les surpassent celles des étoiles de seconde grandeur (1).

Il insiste sur la scintillation de sa lumière, et y voit une raison de plus pour placer la nouvelle étoile parmi les fixes (2). Quant à sa couleur elle a passé du blanc au rouge d'Aldébaran, pour

(1) Tycho donne ailleurs aux étoiles de 6e grandeur un diamètre apparent de 20″ ; d'autre part, dans le passage que nous venons de résumer, il dit que le volume des plus petites étoiles visibles sur la sphère vaut, au moins, dix-huit fois celui de la Terre. Il s'ensuit qu'il plaçait ces étoiles à la distance de 54 000 fois environ le rayon terrestre, soit moins de 3 fois la distance moyenne du Soleil à la Terre.

(2) " Planetae enim non scintillant, sed solum stellae fixae, et inter eas aliquae magis, aliquae vero minus : sive quod earum maxima a nobis remotio hoc efficiat per aërem intermedium, ut quidam opinantur, quod tamen non credo : aliâs enim Saturnus apogeus, *cum proximus est stellis fixis*, etiam scintillaret : sive quod fixa sidera super propria centra perpetuo circumgirantur, et inde pro aëris qualitate scintillationem aspectui immittant, ut potius cum Platonicis, statuo. "

reprendre, au mois de mai, la teinte livide de Saturne et de Vénus.

Tycho cherche ensuite, mais avec grande défiance, l'influence qu'un prodige céleste aussi extraordinaire doit exercer sur les affaires humaines. La rareté de l'événement le soustrait malheureusement aux règles de l'art et ne laisse place qu'aux conjectures incertaines et aux pronostics douteux. Nous ne rappellerons pas ceux auxquels s'arrête l'astrologue.

Tel est, dans ses grandes lignes, cet intéressant opuscule. Il contribua vraisemblablement à l'heureuse fortune de son auteur que nous retrouvons, trois ans plus tard, dans la position la plus brillante et la plus favorable au travail qui fut peut-être jamais faite à un homme de science.

En 1576, le roi Frédéric II le décida à se fixer en Danemark, en concédant à l'astronome, dont il fit son astrologue, la libre disposition de l'île de Hven, dans le détroit du Sund. Tycho alla aussitôt s'installer dans ce domaine, comme un prince dans ses États. C'est là qu'il travailla pendant vingt-trois ans à renouveler l'astronomie d'observation.

L'établissement principal qu'il y fit construire et qui reçut le nom d'*Uranibourg*, réunissait toutes les dispositions les plus favorables à l'étude du ciel. Autour du château, bâti sur le plateau central de l'île, s'élevaient des laboratoires de chimie, où l'on complétait l'étude des astres par celle des métaux soumis à leurs influences; des ateliers de toutes sortes, une imprimerie et une foule de constructions variées, aménagées pour recevoir de nombreux instruments astronomiques dans des conditions assurant leur rigoureuse précision.

De nombreux jeunes gens, choisis parmi les plus habiles des universités danoises, aidaient le maître dans ses observations et ses calculs.

Perfectionner les instruments anciens, en imaginer et en construire de nouveaux; étudier les meilleures conditions de leur emploi, créer et appliquer l'art des corrections instrumentales; dresser les premières tables de réfraction et débarrasser les observations des erreurs qu'y introduit l'atmosphère ; accumuler un nombre immense d'observations du Soleil, de la Lune et des planètes; composer un catalogue d'étoiles qui fit oublier celui de Ptolémée et les meilleures productions des Arabes, et resta sans rival jusqu'au jour où l'application des lunettes aux instruments méridiens et la construction des horloges de précision permirent,

nn siècle plus tard, des déterminations plns correctes des coordonnées célestes : tel est, en abrégé, le bilan du travail immense et singulièrement fécond qni s'accomplit à Uranibonrg.

Il n'absorba pas l'activité de Tycho, qui sut aussi mettre à profit une partie, au moins, de tant de matériaux accumulés, pour apporter de notables perfectionnements à la théorie de la Lune. Sa découverte principale, dans cette voie, est celle de l'inégalité lunaire qu'il a appelée *variation* : elle change, en effet, très rapidement, n'ayant qu'une période de 14 jours 3/4, et peut altérer la position de la Lune de 39', en plus ou en moins.

Après ce brillant succès, Tycho n'a pu douter que ses observations des planètes ne continssent aussi d'importantes révélations. Dès 1591, il soupçonne des complications inconnues dans le mouvement de Mars, et il y fait allusion, en 1598, dans une lettre à Kepler.

A cette date, Tycho avait quitté Uranibourg pour n'y plus rentrer (1). La mort de Frédéric II avait changé le cours de ses destinées : aux faveurs royales dont il avait été comblé jusque-là devait bientôt succéder la disgrâce, cruelle et impitoyable. Lalande, dans son *Astronomie* (2e édition, t. I, 196) et Laplace, dans le précis de l'histoire de l'astronomie qui termine l'*Exposition du système du monde*, se sont trompés en attribuant l'unique origine de cette déchéance, au manvais vouloir haineux de Christoffer Valkendorf til Glorup, et ils ont dépassé la mesure en vouant ce seigneur à " l'exécration de la postérité ". Les causes de cette disgrâce sont plus complexes. Si le ressentiment de la noblesse danoise, qui ne pardonnait pas à Tycho d'avoir épousé une roturière et de s'être avili en s'adonnant aux sciences et en publiant ces travaux, si les sourdes jalousies qu'avaient excitées les largesses de Frédéric II, y eurent la grande part, Tycho lui-même ne fut point sans reproche. Des querelles, des procès qui lui font peu d'honneur, servirent à ses ennemis de prétextes

(1) Sur l'état actuel d'Uranibourg, on peut consulter : d'Arrest, *Die Ruinen von Uranienborg und Stjerneborg im Sommer 1868*, dans les Astronomische Nachrichten, LXXII, 1868, 209. Des fouilles récentes ont remis au jour les fondations et quelques substructures. On a mis en avant l'idée de reconstruire la cité astronomique : les descriptions détaillées et illustrées qu'en donne Tycho, rendraient l'entreprise possible. " But we confess, dit M. Dreyer, we should prefer to see a large shed erected over the few stones that are left so that these venerable ruins could remain undisturbed. "

pour le perdre peu à peu dans l'estime de l'héritier du trône, Christian IV. De là pendant les premières années du nouveau règne, des tracasseries sans fin qui lassèrent la fierté du grand astronome, trop habitué à s'imposer et à agir dans son île en vrai potentat. Il quitta Uranibourg, en 1597, escorté par sa renommée, entouré de quelques disciples fidèles et emportant avec lui ses meilleurs instruments. Quelque temps auparavant, confiant ses pressentiments à ses amis, il leur disait :

Omne solum forti patria, et cœlum undique supra est !

Il les convïait maintenant à oublier les douleurs de l'exil en se livrant avec lui à de nouveaux travaux.

Tycho reçut une cordiale et large hospitalité chez un de ses amis, le comte de Rantzau, à Wandsbeek. Deux ans plus tard, l'empereur d'Allemagne, Rodolphe II, l'appelait à Prague lui promettant des avantages aussi précieux que ceux dont il avait joui en Danemark.

Une riche résidence lui fut préparée, et en attendant qu'on eût bâti un observatoire digne de celui qu'il avait perdu, ses instruments et sa bibliothèque furent installés au château royal de Benatky.

En même temps, l'empereur réunissait à Prague, pour les associer aux travaux de Tycho, les astronomes les plus éminents de l'époque. De leur nombre fut Kepler, appelé " ad calculum „ et qui devait, quelques mois plus tard, recueillir l'héritage scientifique de son illustre maître et le faire fructifier au centuple.

Quinze mois après son installation à Prague, le 24 octobre 1601, Tycho mourait, emporté en quelques jours dans la force de l'âge et en pleine activité scientifique. Son corps fut déposé dans l'église de Teyn, où sa femme, plus tard, partagea sa sépulture.

L'anniversaire de la mort du grand homme a été célébré, le 24 octobre dernier, à l'Université de Lund (Suède), à l'Académie des sciences de Stockholm, en présence du prince Eugène et de plusieurs ministres ; à Copenhague, où le roi et la famille royale rehaussèrent aussi de leur présence les solennités académiques, et avec plus d'éclat encore à Prague.

Là, les fêtes jubilaires s'ouvrirent le 18 octobre, par une séance solennelle de l'Académie des sciences, arts et lettres de Bohême, au cours de laquelle le professeur Gruss retraça l'histoire de la vie et des travaux de l'illustre exilé.

Une exposition des " reliques ", manuscrits, livres imprimés, annotés de la main de Tycho, etc., fut installée dans une des salles de l'Hôtel de ville. Tous ses instruments ont vraisemblablement péri au cours de la guerre de trente ans ; pas un seul de ceux d'Uranibourg n'est parvenu jusqu'à nous. Sa bibliothèque a été dispersée ; mais ses observations manuscrites, utilisées par Kepler, sont retournées en Danemark. Prague ne possède que quelques livres de sa bibliothèque et quelques manuscrits. L'Université conserve le manuscrit d'un petit traité de Trigonométrie, publié en photolithographie par le Professeur F. J. Studnicka, en 1886, et une copie, de la main de Tycho, de la table des sinus de Copernic. Parmi les livres imprimés, citons un exemplaire de Ptolémée (édition de 1551). La page du titre porte une note de Tycho disant qu'il a acheté l'ouvrage à Copenhague, le 30 novembre 1560 — il avait alors quatorze ans — pour deux thalers. Les marges sont convertes d'annotations. Citons aussi un exemplaire de l'édition princeps (1598) des *Astronomiæ Instauratæ Mecanica*, dont les planches ont été coloriées à la main et où on a inséré un portrait de l'auteur (1).

Des discours furent prononcés sur la vie et l'influence scientifique du héros de la fête. Les nombreux savants que ces solennités avaient amenés dans la capitale de la Bohême, parcoururent en un long cortège les endroits de la ville qui rappellent le souvenir de Tycho et celui de Kepler, et vinrent déposer leurs hommages sur son tombeau.

Les vicissitudes par lesquelles l'incendie et les guerres avaient fait passer l'église de Teyn, avaient accrédité l'opinion que le tombeau de Tycho avait été violé. A l'occasion des fêtes jubilaires, la municipalité de Prague voulut contrôler cette légende. Les fouilles ont montré la sépulture à peu près intacte. Deux corps s'y trouvaient déposés. L'un d'eux avait eu le nez enlevé et remplacé par un nez en métal. C'était incontestablement le corps de

(1) Sur cette exposition voir les deux brochures suivantes : *Prager Tychoniana*. Gesammelt von Prof. Dr. F. J. Studnicka. Un vol. illustré in-8° de 65 pages. Prague, 1901. — *Bericht über die Astrologischen Studien des Reformators der beobachtenden Astronomie Tycho Brahe*. Von F. J. Studnicka. Un vol. de 54 pages. Prague, 1901. Signalons deux détails intéressants : Parmi les manuscrits appartenant à la bibliothèque de l'Université de Prague, se trouve l'horoscope d'André Schoner fixant la date de sa naissance à Nuremberg, le 21 juin 1530 ; les biographies fixent généralement la naissance de cet astronome à l'année 1528, sur l'autorité de Poggendorff. Dans un livre imprimé, on trouve, écrite en marge, cette valeur de π, 88 : $\sqrt{785}$, qui donne 3,1409.

Tycho Brahe. On sait que ses historiens racontent qu'il eut le nez coupé, dans un duel au sabre, et qu'il le remplaça par un nez en métal fabriqué, dit-on, avec assez d'art pour rendre la difformité peu choquante (1).

Plus curieux de faits que de théories, Tycho s'était attaché surtout à accumuler les observations et à en assurer la rigueur. Kepler sut leur donner la vie. Il en déduisit la démonstration de ses lois immortelles et inscrivit en tête de son livre : *Astronomie nouvelle ou Physique céleste, fondée sur l'étude du mouvement de Mars, déduite des observations de Tycho Brahe.* C'est le plus bel éloge que l'on ait fait de l'astronome d'Uranibourg.

J. T.

(1) Voir *Bericht über die Untersuchung der Gebeine Tycho Brahe's.* Von D. H. Matiegka Une brochure de 14 pages. Prague, 1901.

BIBLIOGRAPHIE

I

Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, herausgegeben von G. Hauck in Berlin und A. Gutzmer in Jena. Leipzig, Teubner. Achter Band, Heft 1, 1900 (IV-231 pp. in-8°) ; Heft 2, 1900 (IV-251 pp.). Neunter Band, Heft 1, 1901 (IV-140 pp.); Heft 2, 1900 (VI-123 pp.). Prix du t. VIII : 16 marcs : du t. IX : 9 marcs.

1. L'association des mathématiciens allemands tient chaque année ses assises en même temps que l'association des naturalistes et des médecins allemands et publie ses travaux sous la forme d'annuaires divisés en deux cahiers : le premier cahier contient la chronique de l'association et le résumé des communications faites dans la réunion annuelle ; le second, un ou plusieurs rapports sur l'état actuel de l'une ou l'autre théorie mathématique. C'est à Hambourg que l'association s'est réunie en 1901 ; l'annuaire correspondant n'a pas encore paru. Les sessions antérieures ne sont tenues à Halle (1891), Nuremberg (1892), Munich (1893), Vienne (1894), Lubeck (1895), Francfort sur Mein (1896), Brunswick (1897), Dusseldorf (1898), Munich (1899), Aix-la-Chapelle (1900). Neuf annuaires ont été publiés : le quatrième renferme le résumé des travaux de deux sessions, celles de Vienne et de Lubeck.

Quelques-uns des rapports qui ont paru dans les seconds cahiers de l'annuaire sont des ouvrages étendus, par exemple, celui de Fr. Meyer sur la *Théorie des invariants* (t. I), qui a été traduit en français et en italien ; celui de Brill et Noether sur la *Théorie des fonctions algébriques* (t. III) ; celui de Hilbert sur *Les corps algébriques* (t. IV) ; celui de Kötter sur *La géométrie*

synthétique, encore inachevé (t. V); enfin celui de Czuber *Sur le calcul des probabilités* (t. VII).

Voici une analyse sommaire des t. VIII et IX.

2. *Premier cahier du t. VIII.* Chronique de l'association. Biographies avec portraits (sauf pour Gasco) : L. G. Gasco (1844-1899); C.I. Gerhardt (1816-1899), par M. Cantor; Lie (1842-1899), par Engel ; E. v. Lommel (1837-1899), par L. Boltzmann, avec bibliographie; H. Schapira (1840-1898), par C. Köhler, aussi avec bibliographie; K. Schober (1859-1899), par W. Wirtinger, également avec une liste de ses écrits.

Notes et conférences. 1. *Boltzmann.* Sur le développement des méthodes de la physique théorique dans les temps modernes. 2. *H. Weber, G. Hauck, F. Klein, Krazer, Study.* Sur les nouveaux programmes d'examen pour les professeurs des gymnases, et questions connexes. 3. *Mehmke, Bauschinger*, etc. Rapport et discussion sur la division décimale des angles et du temps. 4. Notes diverses de Noether, Gordan, Hilbert, Sommerfeld, Sommer, Engel, Zindler, Doehlmann. Brill. Study, Schimpf, Lerch, Horn, von Weber, Hensel.

3. *Second cahier du t. VIII. Schoenflies.* Développement de la théorie des ensembles. Cet exposé historique, bibliographique et critique est un vrai traité sur la matière, dit M. J. Tannery (voir *Bulletin de Darboux* (2), XXIV, 1re partie, pp. 239-245). Il est divisé en trois sections : théorie générale des ensembles infinis, théorie des ensembles de points, application aux fonctions de variables réelles.

4. *Premier cahier du t. IX.* Chronique. Biographie et portraits : K. Bobek (1855-1899) ; Reinhold Hoppe (1816-1900), par E. Lampe; Robert Henri Hoppe (1857-1899), par F. Lorenz ; Ed. Wiltheiss (1855-1900), par Wirtinger; K. Zelbr (1854-1900), par E. Waelsch.

Notes. Klein : Sur les tomes IV et V de l'encyclopédie mathématique. *Mittag Leffler.* Sur la représentation analytique des fonctions monogènes de plusieurs variables indépendantes. *E. Kötter.* Construction d'une quadrique donnée par neuf points. *Minkowski.* Sur les notions de longueur, de surface et de volume. *E. Jurgens.* Calcul numérique des déterminants. Autres notes par *Fricke, Steinitz, Fr. Meyer, Schoute, Wangerin, Stäckel, Wirtinger, von Mangoldt.*

5. *Second cahier du tome IX, K. Heun* : les problèmes cinétiques de la mécanique technologique scientifique. 1. La mécanique technologique comme branche de la mécanique générale. 2. Pre-

miers essais pour fonder une mécanique technologique systématique : Poncelet. 3 et 5. Cinétique générale de la bielle. 4. Théorie des machines à vapeur de Radinger. 6. Stabilité du mouvement et problème des petites oscillations. 7. Cinétique des freins. 8. Choc et frottement. 9. Procédés auxiliaires analytiques et graphiques.

Les rapports contenus dans les seconds cahiers des tomes VIII et IX donnent à ces volumes une valeur permanente pour les professeurs d'analyse et de mécanique appliquée.

P. M.

II

Théorie analytique de la chaleur mise en harmonie avec la thermodynamique et avec la théorie mécanique de la lumière, par J. Boussinesq, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. Tome I. Problèmes généraux. Un vol. gr. in-8° de xxv-333 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Ce titre très explicite de l'ouvrage de M. Boussinesq que nous présentons à nos lecteurs, signale à la fois l'objet de ces leçons, en invoquant le souvenir de l'œuvre principale de Fourier, la *Théorie analytique de la chaleur*, et le point de vue tout différent sous lequel cette théorie est ici développée en marquant qu'elle s'y trouve — pour la première fois, croyons-nous — " mise en harmonie avec la thermodynamique et avec la théorie mécanique de la lumière ".

C'est un fait d'expérience que, lorsque des corps contigus, ou différentes parties d'un même corps, possèdent, à des degrés divers, la qualité d'être chauds, les parties les plus chaudes échauffent les moins chaudes en se refroidissant plus ou moins elles-mêmes et que, de même, des échanges analogues de chaleur se font, à travers la surface des corps, entre eux et le milieu qui les entoure. Ce sont ces déplacements de chaleur, leurs conditions, les phénomènes qui les révèlent, les lois qui les régissent, qui font l'objet de la théorie analytique de la chaleur.

Cette branche de la science a pour point de départ la *loi de refroidissement* d'un petit corps solide chaud et abandonné dans l'atmosphère au repos, loi formulée par Newton, et le fait de

l'établissement des *températures stationnaires* dans une longue barre métallique chauffée, dans l'air, à une de ses extrémités par une source invariable, problème étudié d'abord par Lambert et repris plus tard par Biot. Mais c'est à Fourier que l'on doit la manière générale de mettre en équations les problèmes de cette nature, pour les corps à trois dimensions comparables entre elles, et la méthode d'intégration qui convient le mieux à ces équations. " Les admirables applications qu'il fit de cette méthode, dit M. Boussinesq, sont à la fois assez simples et assez générales pour avoir servi de modèles aux géomètres de la première moitié du XIXe siècle. „

De fait, le livre de Fourier n'a pas cessé d'être étudié. Tout physicien, tout mathématicien doit le lire surtout pour l'importance et la fécondité des aperçus et des méthodes d'analyse infinitésimale dont on trouve là le développement ou l'origine. C'est, en effet, aux progrès de l'analyse que ces recherches sur les déplacements de chaleur ont provoqués, que l'ouvrage de Fourier emprunte, en grande partie, son importance et doit sa célébrité.

Au point de vue de la théorie physique qu'il a pour but de constituer, le livre de Fourier présente l'aspect d'une construction robuste, mais d'un style suranné, et si complètement isolée qu'on n'aperçoit aucun lien qui la rattache aux autres parties de la science de la chaleur, devenue la thermodynamique, et reliées, ainsi que l'optique, aux principes de la mécanique par l'hypothèse des vibrations moléculaires.

Les continuateurs de Fourier, parmi lesquels il faut citer Poisson, Duhamel et Lamé, et les autres auteurs qui, plus tard, ont publié des traités sur la Théorie analytique de la chaleur, sont tous partis des mêmes hypothèses fondamentales que Fourier et ont suivi, en l'élargissant et en l'aplanissant, la route qu'il avait tracée. Sans chercher s'il est vrai, comme le professe Fourier, que " cette partie de la philosophie naturelle ne peut se rapporter aux théories dynamiques „, qu'il faut y considérer la chaleur comme un fluide et non comme un mode de l'énergie, qu'" elle a des principes propres „ ; ils s'attachent à perfectionner et à compléter l'œuvre du maître, en respectant sa physionomie propre, et en s'appliquant surtout, à propos des problèmes de la conduction de la chaleur considérée comme une substance, à développer l'art de résoudre les équations différentielles. Au point de vue mathématique, leur œuvre est admirable et a été éminemment utile; mais au point de vue physique, elle laisse

béant le fossé creusé tout autour de cette branche de la science et qui la sépare des autres parties du traité de la chaleur. C'est à combler ce fossé et à faire pénétrer dans ce domaine fermé les théories mécaniques qui ont envahi tout le reste du territoire des sciences physiques, que s'attache M. Boussinesq. Nul n'était mieux préparé que lui à cette entreprise difficile par de nombreuses et savantes études de physique moléculaire. Il l'a menée avec une science profonde, un art consommé et le souci constant de présenter une construction parfaitement harmonique et bâtie dans le style mécanique pur de la thermodynamique et de la théorie ondulatoire de la lumière.

Un extrait de l'introduction tiendra lieu d'une analyse détaillée qui ne peut trouver place dans un compte rendu destiné à une Revue de vulgarisation.

M. Boussinesq fait de la théorie analytique de la chaleur une sorte de contre-partie de la théorie même des ondes lumineuses, en considérant la chaleur des corps comme de la chaleur rayonnante *condensée* et, par conséquent, comme un mouvement vibratoire, dont les équations sont, il est vrai, à raison même de cette condensation, autrement particularisées que celles des mouvements *par ondes*, mais ne rentrent pas moins qu'elles dans les formules générales de la Mécanique moléculaire.

" Je commence par exposer, dit-il, de la manière la plus élémentaire possible, les lois approchées des ondes à courte période, c'est-à-dire de la lumière et de la chaleur rayonnante, d'abord dans l'éther libre, puis dans l'éther des corps transparents ou diathermanes, en attribuant alors l'excédent de densité (fictif) de l'éther, par lequel Fresnel y explique le ralentissement des ondes, à une résistance des molécules pondérables comme celle que du Buat a constatée chez les milieux fluides où oscille un pendule court, et qu'il a traduite par un accroissement relatif constant de son inertie, égal à la part du mouvement prise et restituée tour à tour, par le milieu, au pendule. Je m'appuie donc sur la théorie des ondes lumineuses, assez répandue maintenant, que j'avais conçue vers la fin de juillet 1865, et à laquelle la simplicité, le naturel de ses hypothèses, non moins que la fécondité de ses explications, ont valu le suffrage de géomètres-physiciens éminents.

„ Cette théorie permet de se représenter nettement les ondes de la chaleur *disséminée* ou rayonnante. Or, pour passer de là à la notion de la chaleur ordinaire ou condensée, il suffit d'admettre que ces ondes, en pénétrant dans un corps, et en y ébran-

lant dans une imperceptible proportion les molécules, mettent en jeu, entre celles-ci, des actions élastiques propres à entretenir les déplacements périodiques ainsi ébauchés. Alors la continuation de l'arrivée des ondes à la surface du corps accroît ces déplacements moléculaires et accumule en eux, peu à peu, l'énergie vibratoire, jusqu'à leur faire dépasser toute limite d'amplitude compatible avec la conservation de la forme linéaire des équations différentielles du mouvement.... Cela posé, le mouvement calorifique ayant cessé d'avoir ses équations linéaires, n'est plus qu'une *agitation* irrégulière, indécomposable en mouvements simples ou en systèmes d'oscillations isochrones. Mais, par contre, et à cause même de cette non-linéarité, les situations *moyennes* des molécules y diffèrent de leurs situations primitives d'équilibre ou de repos. Or, des changements ainsi survenus dans les distances des situations moyennes, il résulte une *dilatation* calorifique du corps ; et cette dilatation, observable surtout dans certaines substances, spécialement dans les gaz, dont on composera les *thermomètres*, permet justement d'apprécier l'*intensité* de l'agitation. Le principe expérimental de l'*équilibre des températures* vient ici en aide au physicien-géomètre, arrêté par la complication des équations du mouvement, et lui permet de définir, pour tous les corps, des *niveaux thermiques*, mesurés par le volume correspondant, dit *température*, du thermomètre à gaz. Or ces niveaux règlent, d'après leur élévation relative dans deux corps donnés que l'on met en contact, le travail de leurs actions mutuelles corrélatif au mouvement calorifique, c'est-à-dire le *flux de chaleur* que gagne, à travers leur surface, le corps à température plus basse, égal à celui que perd le corps à température plus haute.

„ Les échanges de chaleur ou flux, pour des dérivées ou *pentes* données de la température entre parties d'un corps voisines, sont en rapport de grandeur avec la *conductibilité intérieure* du corps suivant les divers sens, et se ramènent toujours, dans chaque particule matérielle, à un *courant* unique de chaleur, traversant tous les éléments plans de la particule. Suivant la contexture de celle-ci, un même mode de distribution des températures dans la particule donne lieu à des courants différents, tant pour la direction que pour la grandeur, et dont la construction dépend de deux ellipsoïdes, dits, l'un, *principal*, l'autre, *des conductibilités*. Ces ellipsoïdes caractérisent donc les propriétés conductrices de la contexture proposée...

„ On verra, dans ce cours, l'équation indéfinie des tempéra-

tures, identique à celle de Fourier dans la double hypothèse d'homogénéité et d'isotropie, n'être qu'une forme de l'équation des forces vives, appliquée au mouvement calorifique des particules ; et l'on y verra aussi le problème général de l'échauffement d'un corps se ramener aux deux problèmes plus simples du refroidissement et des températures stationnaires, explicitement abordés par Fourier dans son Traité. Cette réduction avait, du reste, été employée, et déjà par Fourier même : je n'ai eu qu'à la généraliser. »

Nous compléterons ces indications en transcrivant les titres généraux des vingt leçons qui se partagent le premier volume : ils donneront une idée du détail des questions particulières qui y sont traitées.

I. Objet de la Théorie analytique de la chaleur ; nécessité de l'édifier sur ce fait que la chaleur est de l'énergie et non de la matière. — II. Application du principe de l'énergie à un solide qui s'échauffe ou se refroidit ; définition dynamique des chaleurs sensible, potentielle, totale et des flux de chaleur. — III. De la chaleur considérée d'abord à l'état de mouvement ondulatoire bien continu, dans l'éther des espaces interplanétaires. — IV. Propagation des ondulations calorifiques, à l'intérieur des corps diathermanes. — V. De l'agitation thermique telle qu'elle naît, dans les corps athermanes, de l'accourcissement et du ralentissement presque infinis des ondes de l'éther. — VI. Degré de l'agitation calorifique, évaluée par les dilatations qu'elle produit. Notion de température. — VII. Étude des flux de chaleur ; réduction de ces flux, pour tous les éléments plans d'une particule, à un courant unique traversant la particule. — VIII. Les flux de chaleur, fonctions de la rapidité des chutes de température entre points voisins et de la contexture. — IX. Potentiel des flux dans une particule symétrique, et construction des courants de chaleur dans une particule quelconque. — X. Autres constructions relatives à la conductibilité, et applications aux barres, aux plaques, aux corps cristallisés. — XI. Équations régissant les variations qu'éprouve, d'un instant à l'autre, la température aux divers points d'un corps ou d'un système de corps. — XII. Détermination complète des températures successives par les équations ou conditions précédentes ; cas simples du refroidissement et des températures stationnaires ; propriétés de l'ellipsoïde principal dans un milieu homogène. — XIII. Réduction du problème général de l'échauffement aux deux questions du refroidissement simple et des températures stationnaires ; cas particulier d'un échauffement périodique. — XIV. Application de la théorie précédente au sol terrestre. — XV. Problème général du refroidissement ; étude du cas où il y a un potentiel des flux de chaleur. — XVI. Suite : méthode d'élimination de Fourier ; état pénultième du refroidissement. — XVII. Application à l'*armille*. — XVIII. Refroidissements composés de la *sphère* et du *cube*. — XIX. Étude plus complète de la sphère ; problème du refroidissement du *cylindre* circulaire. — XX. Aperçus sur le problème du refroidissement des corps à contexture non symétrique ; applications et analogies diverses.

J. T.

III

Œuvres scientifiques de Gustave Robin, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris, réunies et publiées sous les auspices du ministère de l'instruction publique par Louis Raffy, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris. — *Physique mathématique.* Un vol. grand in-8° de 150 pages. — *Thermodynamique générale.* Un vol. grand in-8° de 271 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Les œuvres scientifiques de G. Robin formeront trois volumes, Mathématiques, un volume : *Théorie nouvelle des fonctions, exclusivement fondée sur l'idée de nombre.* — Chimie, un volume : *Leçons de chimie physique* professées à la Faculté des sciences de Paris. — Physique, un volume en deux fascicules dont nous venons de transcrire les titres.

Le premier s'ouvre par le mémoire *Sur la distribution de l'électricité à la surface des conducteurs fermés et des conducteurs ouverts,* qui a servi à Robin de thèse de doctorat et qui a été publié, en 1886, dans les Annales de l'École normale, 3e série, t. III, supplément. Cet important travail, qui apportait dans une question difficile des vues originales et très fécondes, a pour point de départ la considération d'une équation fonctionnelle remarquable à laquelle satisfait la densité électrique en tout point d'un conducteur en équilibre, et qui est aujourd'hui désignée sous le nom d'*équation de Robin.* L'auteur l'applique d'abord à l'étude de la distribution électrique à la surface d'un sphéroïde conducteur. Mais c'est surtout dans ses applications aux conducteurs ouverts que cette équation se montre utile et fournit les résultats les plus intéressants.

Elle a conduit l'auteur à une méthode générale, devenue classique, pour déterminer la distribution de l'électricité sur une surface fermée convexe. Tout ce qui s'y rattache forme la troisième partie, ajoutée au mémoire primitif et formée d'extraits des manuscrits de Robin et d'une note publiée dans les Comptes rendus, t. CIV, 1887, p. 1834, sur la *Distribution de l'électricité sur une surface fermée convexe.*

Vient ensuite, sous le titre général *Hydrodynamique* un premier mémoire inédit intitulé *Le problème général de l'hydrodynamique;* il est suivi d'un second mémoire, retrouvé dans les

papiers de l'auteur, et donnant le développement d'une note *Sur les explosions au sein des liquides* publiée par Robin en 1887 dans les COMPTES RENDUS, t. CV, p. 61. Il débute par un principe général de la théorie des percussions corrélatif de celui de Hamilton dans la dynamique des forces ordinaires. L'auteur en fait plusieurs applications et développe longuement le cas de l'explosion sous un corps flottant.

Quelques *fragments divers* de moindre étendue terminent le volume : ils ont pour objet le *Principe des images dans les milieux diélectriques*, la *Théorie du " Replenisher " de Thomson*, l'*Effet d'une obus aimanté sur un galvanomètre*, et la *Théorie d'une expérience de Hertz*.

Tous ces travaux sont marqués au coin d'un talent puissant et original, où la faculté d'invention et l'esprit mathématique brillent à chaque page.

Mais la partie maîtresse de l'œuvre de Robin est sa *Thermodynamique générale*. Voici, en raccourci et d'après l'avertissement mis en tête de ce volume par M. L. Raffy, dont nous nous bornons à reproduire le jugement sans le discuter, ce qui la caractériserait surtout : le rôle du milieu mis en lumière, ainsi que celui des actions de présence ; la conception de l'isothermie, transportée des corps en transformation aux sources de chaleur dans lesquelles ces corps sont plongés ; la définition du travail, rendue indépendante de la notion de force et ramenée à des déplacements de poids et à des mesures calorimétriques ; la notion de réversibilité, précisée dans toute sa rigueur, et invoquée seulement quand des appareils de laboratoire la réalisent dans la mesure du possible ; la distinction, faite pour la première fois, des deux idées irréductibles dont on fait la seconde loi de la Thermodynamique (1) : des deux principes ainsi dégagés, tous deux vérifiables par l'expérience, c'est le second que l'auteur emploie à fonder une science générale de l'équilibre, dont la Statique chimique et la Statique mécanique sont des cas parti-

(1) Voici les énoncés de ces deux principes :

I. — Lorsqu'un système, primitivement en équilibre, a parcouru un cycle de transformations qui le ramènent à son état initial, ce système n'a pu produire de travail que s'il a échangé de la chaleur avec deux sources au moins.

II. — Lorsqu'un système, parti d'un état d'équilibre, y revient après avoir éprouvé une série de modifications, dont une au moins est irréversible, ce système n'a pu, s'il n'a échangé de chaleur qu'avec une source au plus, que consommer du travail.

culiers ; l'étude des conditions générales de l'équilibre stable, comprenant à la fois l'équilibre isothermique et l'équilibre adiabatique ; enfin la Dynamique, à la fois élargie et ramenée à la réalité par la considération des échanges de chaleur ; et la nécessité proclamée de recourir à l'observation pour former les équations qui devront remplacer les équations dites *du mouvement*.

On entrevoit que ce n'est pas le désir de trouver une explication mécanique des phénomènes physiques qui a guidé Robin dans ses études. La lecture de l'introduction de son livre, composée en majeure partie par la leçon inaugurale du Cours de chimie physique (1896), publiée, en 1898, par la Revue générale des Sciences est, à cet égard, extrêmement intéressante. Pour lui, la science doit résolument rejeter toutes les hypothèses mécaniques, toutes les entités cachées, éther, énergie, force,... et se construire par une combinaison d'inductions simples, suggérées par l'expérience, et combinées par le raisonnement mathématique d'une manière purement systématique. L'œuvre principale de Robin est bien un effort vigoureux pour orienter la science dans cette voie.

Jusqu'à quel point il peut avoir réussi, nous ne saurions le dire. Si son livre révèle incontestablement un penseur puissant et sagace, il n'en est pas moins souvent pénible à lire et parfois déconcertant; pour pouvoir en donner une appréciation sérieuse, il faudrait avant tout le comparer aux mémoires de Duhem dont la pensée, admise ou critiquée, mais toujours anonyme, semble avoir constamment préoccupé Robin.

J. T.

IV

Cours d'électricité, par H. Pellat. — Tome Ier. Électrostatique. Lois d'Ohm. Thermo-électricité. — Un vol. in-8° de vi-329 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Le plan de ce premier volume du cours de M. Pellat a été exposé avec quelque développement par son auteur dans un mémoire des Annales de Chimie et de Physique (7me série, t. V, 1895, pp. 1-99), et d'une façon plus rapide dans le Bulletin des séances de la Société française de Physique (année 1896,

fascicules 2 et 4). En voici l'idée directrice. Elle donne à l'ouvrage une allure absolument personnelle et tout à fait originale.

Jusqu'à présent la base de l'électrostatique a toujours été la loi de Coulomb, qui s'énonce comme suit : Deux points électrisés s'attirent ou se repoussent, dans la direction de la droite qui les joint, proportionnellement aux quantités d'électricité qu'ils possèdent, et en raison inverse du carré de leur distance. Or, cette base est décidément insuffisante, et il est temps de l'élargir. D'abord, l'idée de forces s'exerçant sans intermédiaire entre des corps éloignés répugne trop à l'esprit pour pouvoir être admise; aussi ne devons-nous considérer les lois de Newton sur l'attraction universelle, ou celle de Coulomb sur l'électricité, que comme des équivalences mathématiques des actions réelles; équivalences d'ailleurs peu satisfaisantes, et tolérables seulement aussi longtemps qu'elles fournissent une représentation plus simple et plus complète des phénomènes que d'autres hypothèses.

Or, précisément, la loi de Coulomb s'est depuis longtemps montrée incapable de fournir une théorie complète de l'électrostatique. Établie par Coulomb dans le cas où les corps électrisés sont plongés dans un diélectrique *homogène* (et encore la vérification n'a-t-elle été faite que dans l'air), elle n'est certainement plus applicable si le milieu environnant les corps électrisés est constitué par plusieurs diélectriques différents, par exemple si, dans l'air, on place une lame d'ébonite entre deux corps électrisés. Alors la force agissant entre deux points n'est plus, en général, dirigée suivant la droite qui les joint, et elle ne varie pas en raison inverse du carré de leur distance. Pour conserver la loi de Coulomb, on s'est donc vu obligé de lui adjoindre une nouvelle hypothèse : la théorie de la polarisation des diélectriques, en vertu de laquelle chaque molécule se charge également et en sens contraire à ses deux extrémités, toutes ces charges se trouvant orientées suivant les lignes de force. Cette hypothèse rend compte de beaucoup de faits, mais il n'est pas certain qu'elle rende compte de tous. En outre, pour passer de la définition du pouvoir inducteur spécifique à sa mesure, il est nécessaire de faire intervenir une hypothèse, nécessité pour le moins fâcheuse.

On sait que Maxwell, développant les idées de Faraday, a formulé une théorie indépendante de toute action à distance, et appuyée uniquement sur les changements d'état du milieu. D'après cette théorie, le diélectrique, dans un champ électrique, est le siège de forces de tension suivant les lignes de force, et

de pressions suivant les directions normales à ces lignes. Mais encore une fois, on n'a pu établir que cette théorie est équivalente dans ses conséquences à la loi de Coulomb, sinon dans le cas d'un diélectrique homogène.

M. Pellat s'est donc résolu à laisser de côté toute hypothèse, celle de Maxwell comme celle de Coulomb, et en s'appuyant seulement sur les faits expérimentaux classiques, à faire une étude absolument générale de l'électrostatique, aboutissant à des formules toujours valables, que le milieu isolant soit homogène ou qu'il soit hétérogène. Dans le cas des milieux homogènes les formules se réduisent naturellement aux formules déduites de la loi de Coulomb ; et, avec les milieux hétérogènes, aux formules déduites de la théorie de la polarisation, quand celles-ci sont d'accord avec les résultats expérimentaux.

En exécution de cet intéressant programme, après avoir brièvement décrit les phénomènes élémentaires fondamentaux, on arrive à une définition purement expérimentale de la quantité d'électricité au moyen d'un cylindre de Faraday, dans lequel sont introduits de petits conducteurs chargés, suspendus à un fil isolant et préservés de tout contact direct avec les parois. Le cylindre est relié à un électromètre. Dans ces conditions : 1° Deux corps sont dits chargés de la même quantité d'électricité quand, introduits successivement dans le cylindre de Faraday, l'aiguille de l'électromètre donne la même indication; 2° Un corps A est dit avoir une charge n fois plus grande que celle d'un corps B, quand, introduit seul dans le cylindre de Faraday, il imprime à l'aiguille la même déviation que n corps de même charge que B introduits simultanément ; 3° Un corps A électrisé positivement est dit avoir la même charge en valeur absolue qu'un corps B électrisé négativement, quand, A et B étant introduits simultanément dans le cylindre, la déviation de l'aiguille reste nulle.

Mais, dira-t-on, voici que se représente le défaut de l'expérience de Coulomb. Dans le cylindre de Faraday le diélectrique, l'air, est homogène ; les phénomènes seraient-ils encore les mêmes si l'on rendait le milieu hétérogène ? Ils le sont en effet. Pour ne laisser planer aucune incertitude sur ce point fondamental, M. Pellat fait l'expérience suivante : Un cylindre de paraffine, dont les parois ont 5 centimètres d'épaisseur, est placé au fond d'un cylindre de Faraday assez large pour laisser un espace annulaire rempli d'air de même épaisseur environ que la paraffine, celle-ci n'occupant d'ailleurs qu'une fraction de la hauteur totale de l'enveloppe conductrice. Or, les indications de l'élec-

tromètre relié à cette enveloppe ne subissaient pas la moindre variation, que le corps chargé supporté par un fil isolant fût descendu dans le creux du cylindre de paraffine, ou, au contraire, maintenu au-dessus de lui à l'intérieur de l'enveloppe.

On passe ensuite à la loi de conservation de l'électricité, énoncée sous cette forme : Quels que soient les phénomènes mécaniques, physiques, chimiques ou vitaux qui se produisent dans un système de corps quelconques parfaitement isolé de l'extérieur, la somme algébrique des quantités d'électricité qu'il renferme est constante; puis on en vient au phénomène de l'électricité de contact et à la théorie de la couche double, dont la réalité est admise, comme surabondamment démontrée par l'expérience. La considération de ce dernier phénomène est bien à sa place au début de l'électrostatique, puisqu'elle impose des restrictions importantes dans l'énoncé des lois principales. Étant donnée la préoccupation de généralisation absolue des énoncés qui caractérise la manière de M. Pellat, il fallait, dès le début, indiquer sa portée.

Dans le chapitre suivant, on aborde l'étude du champ électrique. L'intensité est définie par le rapport de la force à la charge du point électrisé auquel elle est appliquée. On n'admet pas *par définition*, comme on le fait d'ordinaire, que ce rapport est constant pour un champ donné, quelle que soit la masse (en d'autres termes que la force est proportionnelle à la masse), mais cette constance est déduite des faits d'expérience par un raisonnement. Je ne puis m'empêcher de trouver ce raisonnement peu satisfaisant. D'abord, il contient vraiment trop de simplifications par suppression de termes considérés comme négligeables (pp. 32 et 33). Le point de départ expérimental (proportionnalité de la déviation d'un petit pendule dans le champ à sa charge électrique) n'est lui-même qu'un résultat approché, applicable seulement à des masses et des déviations très petites par rapport à la distance des masses qui déterminent le champ. En fait, le calcul complet montre que les erreurs successives sont de signes contraires, et l'erreur finale négligeable : mais pour s'en rendre compte on ne saurait se contenter du raisonnement de l'auteur.

Autre défaut de ce raisonnement. La proportionnalité supposée établie pour les charges très petites par une démonstration où cette hypothèse de la petitesse des charges joue un rôle essentiel, comment peut-on en conclure qu'elle se vérifie encore pour des charges quelconques ? Il n'en est rien dit.

Après avoir défini le potentiel par le travail des forces électriques sur une charge déplacée d'un point du champ à un autre, et l'avoir étudié successivement dans un conducteur homogène et dans des conducteurs différents au contact, ce qui mène à la considération de la différence de potentiel d'une pile et à la loi des tensions de Volta, on définit la densité et la tension électriques. Puis viennent deux principes, c'est-à-dire, deux propositions très probables *à priori*, mais démontrées surtout par l'exactitude de toutes leurs conséquences. Jusqu'ici, fait remarquer M. Pellat, ils ont toujours été admis d'une manière implicite. Le premier est le principe d'action de milieu : Le phénomène qui se produit en un point de l'espace ne peut dépendre que de la nature et de l'état du milieu au point considéré et dans son voisinage immédiat.

Le second s'appelle le principe de la superposition des états électriques, et s'énonce ainsi : Dans l'état de superposition, la force F, qui agit sur le point A chargé de la quantité m d'électricité, est la résultante des forces f_1, f_2, ..., f_n qui agiraient sur ce même point chargé de la même quantité m d'électricité dans chacun des états composants pris isolément.

C'est sur ces deux principes et sur les deux principes de la thermodynamique que M. Pellat établit ensuite les formules de l'électrostatique sous leur forme la plus générale, c'est-à-dire en tenant compte du diélectrique soit homogène soit hétérogène. Ces pages, comme du reste, tous les chapitres du volume, abondent en remarques suggestives, et sont extrêmement intéressantes au point de vue de la mise en œuvre de la méthode générale adoptée par M. Pellat. Il serait impossible de relever en détail tous les points qui mériteraient de retenir l'attention, sans excéder les limites d'un simple compte rendu. Aussi bien, il y aura pour le lecteur et plus de plaisir et plus de profit à les examiner dans l'ouvrage lui-même. Je me contente de signaler la manière dont est conduite l'étude des condensateurs, celle des forces qui s'exercent sur un diélectrique non électrisé placé dans un champ électrique, la nature des pouvoirs inducteurs spécifiques, sujets où l'éminent professeur a le droit de s'inspirer surtout des importants travaux qu'il a exécutés lui-même.

J'espère en avoir dit assez pour faire entrevoir l'intérêt extraordinaire que présente la lecture du traité de M. Pellat. Ceux-là mêmes qui ne jugeront peut-être pas opportun d'intro-

duire dans l'enseignement les méthodes préconisées par lui s'en serviront avec le plus grand avantage pour préciser et compléter certaines parties des théories courantes.

V. S.

V

Leçons sur les moteurs a gaz et a pétrole, faites à la Faculté des sciences de Bordeaux, par L. Marchis, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. — Un volume petit in-8° de 175 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Ce volume fait partie de la collection des *Actualités scientifiques*, mais c'est avant tout un excellent livre classique. Un aperçu historique sur le développement de l'industrie des moteurs à gaz et les données nécessaires relatives à la constitution des divers moteurs et à la composition des différents mélanges combustibles avec lesquels on peut les alimenter, font l'objet de l'introduction. Après un premier chapitre consacré au *Principe de l'équivalence de la chaleur et du travail*, l'auteur étudie, dans les cinq chapitres suivants, les conditions théoriques de la marche de ces moteurs. Voici les titres de ces chapitres : II. *Diagramme Beau de Rochas-Otto.* — III. *Diagramme Charon.* — IV. *Étude physique de la régulation des moteurs à gaz à explosion.* — V. *Diagramme Brayton.* — IV. *Diagramme Diesel.* M. Marchis définit, pour chaque type, le diagramme théorique; il analyse les diverses transformations qui le composent et en déduit une expression du rendement thermique théorique : exposé très net, très rigoureux, avec des aperçus nouveaux et des critiques importantes. A propos de ces critiques, nous croyons utile de signaler à nos lecteurs les notes suivantes publiées dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. CXXX : L. Marchis, *Sur les moteurs à gaz à explosion*, pp. 705-708. — A. Witz, *Le cycle théorique des moteurs à gaz à explosion*, pp. 1118-1119. — L. Marchis, *Sur les moteurs à gaz à explosion*, pp. 1246-1248.

Le chapitre VII est consacré à l'*Étude calorimétrique des diagrammes réels;* enfin le chapitre VIII, le dernier et non le moins intéressant, traite du *Principe de Carnot, de l'entropie et du diagramme entropique.* Sur cette dernière question on lira

utilement outre une note de M. Marchis, dans les COMPTES RENDUS de l'Académie des sciences, CXXXII, 1901, p. 671, les articles de M. Bernard Brunhes, publiés dans le JOURNAL DE PHYSIQUE (3), t. X, 1901, p. 309, et le rapport de M. Witz, sur *Les Progrès de la théorie des machines thermiques*, présenté au Congrès international de physique de 1900 (*Rapports*, t. III, p. 296).

L. T.

VI

ANNALES CÉLESTES DU XVIIe SIÈCLE, par A.-G. PINGRÉ. — Ouvrage publié sous les auspices de l'Académie des sciences, par G. BIGOURDAN, astronome titulaire à l'Observatoire de Paris. — Un vol. in-4° de XI-628. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Pingré, astronome célèbre du XVIIIe siècle, avait réuni, comparé, calculé et discuté les observations astronomiques, relatives au Soleil, à la Lune, aux planètes et aux étoiles, faites au cours du XVIIe siècle, et puisées dans un grand nombre de livres imprimés, de feuilles volantes et de manuscrits extrêmement riches; il y avait joint, sous le titre de *Faits*, le résumé des événements historiques intéressant l'astronomie au cours de ce siècle : naissance et mort des astronomes célèbres, publications importantes, inventions d'instruments, créations d'observatoires, etc. L'assemblée constituante décréta l'impression de cet ouvrage aux frais de la nation. Les circonstances entravèrent l'exécution de ce projet, bientôt suspendue par la mort de Pingré, survenue le 1er mai 1796. Il avait été tiré, à ce moment, 364 pages in-4° sur plus de 600. M. Bigourdan retrouva successivement un exemplaire des 364 pages tirées, puis le reste du manuscrit. C'est la publication *in extenso* de ces documents qu'il nous donne aujourd'hui sous le titre d'*Annales célestes du XVIIe siècle*. On y trouve le tableau vivant de la transformation de l'astronomie au cours de cette époque intéressante qui a vu la fin des travaux de Tycho Brahe et employé ses procédés d'observation, et qui a assisté à la création des méthodes modernes qui les ont remplacés grâce à l'invention des lunettes et à leur application aux instruments de mesure, à l'invention du micromètre et à l'essor donné à leur mise en œuvre par la fondation des grands observatoires.

T.

VII

Les Carbures d'hydrogène, *Recherches expérimentales*, par M. Berthelot, sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France. — Trois volumes grand in-8°. Paris, Gauthier-Villars, 1901. — Tome I. L'*Acétylène : synthèse totale des Carbures d'hydrogène* ; x-414 pp. — Tome II. *Les Carbures pyrogénés. Séries diverses* : iv-558 pp. — Tome III. *Combinaison des Carbures d'hydrogène avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau* ; iv-459 pp.

Le 24 novembre dernier, les sommités du monde scientifique ont fêté avec grand éclat, le cinquantenaire scientifique d'un des chimistes les plus distingués de notre époque. M. Pierre-Eugène-Marcellin Berthelot, né à Paris le 27 octobre 1827, a inauguré sa carrière scientifique en 1850 par la publication de son mémoire sur la liquéfaction des gaz. Depuis ce moment jusqu'à l'heure actuelle l'illustre savant a travaillé sans relâche à la solution des problèmes les plus importants, mais aussi les plus difficiles et les plus disparates du vaste domaine de la chimie. Grâce à sa haute intelligence, à son habileté extraordinaire dans les recherches expérimentales, à sa mémoire prodigieuse pour tout ce qui se rapporte à la chimie, il domine vraiment cette science, et des savants de premier ordre sont fiers de s'appeler ses disciples. La fête du 24 novembre fut pour eux l'occasion de célébrer les mérites scientifiques de leur maître. M. Moissan de l'Institut, entre autres, dans un beau discours, a retracé à grands traits la longue et brillante carrière de M. Berthelot. Nous ne pouvons songer à rappeler ici ne fût-ce que les recherches les plus importantes du jubilaire. Nous nous en tiendrons à la série que M. Berthelot lui-même vient de réunir dans l'ouvrage dont nous avons donné plus haut le titre et qui l'a occupé pendant un demi-siècle : ses premiers travaux concernant les carbures d'hydrogène datent, en effet, de l'année 1851, et les derniers de l'année 1901. — Chacun sait que l'activité scientifique de M. Berthelot ne s'est pas bornée à cela. Certes, si on n'avait de lui que ces travaux, ils suffiraient déjà pour assurer à leur auteur une place d'honneur parmi les chimistes les plus distingués du XIXe siècle. Mais à côté de ces recherches, le savant Français en a publié bien d'autres; sans parler de ses livres purement historiques sur la chimie dans l'antiquité et au moyen âge,

citons seulement ses beaux travaux sur les alcools polyatomiques et leurs combinaisons, spécialement les graisses, sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique, sur les matières explosives, sur la chimie agricole, sur la thermochimie et bien d'autres encore. La thermochimie spécialement doit à M. Berthelot un nombre immense de déterminations et des instruments nouveaux. Ces données restent définitivement acquises à la science quel que soit le sort des théories auxquelles l'illustre chimiste à attaché son nom. Sans compter que cet ensemble de travaux acquiert une importance et une valeur spéciales, quand on tient compte de l'époque et des circonstances dans lesquelles ils furent entrepris. Beaucoup d'entre eux, en effet, ont ouvert à la chimie des voies nouvelles et l'ont dotée de méthodes inconnues jusqu'alors.

Le titre de l'ouvrage que nous avons cité au début, en indique suffisamment l'objet. Le but n'est pas d'offrir au lecteur les résultats de recherches nouvelles, tout ce que contiennent ces trois volumes ayant été déjà publié, mais de réunir, de corriger, de compléter et de coordonner les centaines de mémoires parus au cours de ces cinquante dernières années dans divers recueils périodiques. Toutefois ce sont surtout ses mémoires des Annales de Chimie et de Physique que l'auteur a utilisés. En les réunissant il a abandonné l'ordre chronologique de leur publication pour suivre l'ordre logique : rapprochant toutes les recherches concernant un même sujet et procédant ordinairement des corps plus simples aux plus complexes. C'est d'après ces principes que l'ouvrage a été divisé en trois volumes.

Le premier contient l'étude de l'acétylène et la synthèse totale des hydrocarbures. On sait que l'acétylène a été obtenu par M. Berthelot directement par voie synthétique. Cette expérience, réalisée pour la première fois en 1863, constitue encore à l'heure qu'il est un de plus beaux exemples de synthèse chimique. On voit se former l'acétylène dans un ballon en verre traversé par un courant d'hydrogène en même temps que l'arc voltaïque jaillit entre deux électrodes de carbone. L'immense édifice de la chimie organique repose, en un certain sens, sur cette synthèse. En effet, nous constatons ici que deux corps simples, l'hydrogène et le carbone se combinent en formant l'acétylène ; or des milliers de substances organiques qu'on connaît actuellement peuvent, à leur tour, être obtenues au moyen de l'acétylène. On peut dire que la découverte de cette synthèse constitue à elle seule un titre impérissable de gloire pour son

auteur. A côté de cette préparation synthétique de l'acétylène, M. Berthelot a réussi à obtenir ce gaz par beaucoup d'autres procédés qui, devenus inutiles au point de vue pratique, depuis que l'industrie fournit le carbure de calcium, gardent cependant une valeur scientifique considérable.

On lira aussi avec intérêt les recherches faites pour établir les propriétés de l'acétylène et de ses composés métalliques, recherches entreprises à une époque où ce gaz constituait encore une rareté scientifique. Non moins intéressantes sont les recherches sur la détonation de l'acétylène que M. Berthelot a entreprises plus récemment, en grande partie avec la collaboration de M. Vieille. Bien que tous ces travaux soient fort connus dans leurs grandes lignes, on lit cependant avec intérêt ces mémoires retouchés et mis en ordre.

Outre cette étude complète de l'acétylène, le premier volume contient encore l'exposé des travaux sur les hydrocarbures plus simples, ainsi que sur les polymères et sur les dérivés de l'acétylène. On y verra la large part qui revient à M. Berthelot dans la synthèse des hydrocarbures fondamentaux : forméne, éthylène, benzine et autres. L'exposition des recherches expérimentales est entrecoupée, comme dans les mémoires originaux, par des considérations et aperçus théoriques. Plus d'une fois, il est vrai, ces considérations théoriques n'ont guère entraîné ni influencé l'esprit des chimistes, et ce sont souvent des vues tout à fait différentes qui ont guidé les savants dans leurs travaux. Il convient du reste de remarquer, ce que l'auteur dit lui-même dans sa préface, qu'il n'a pas voulu écrire un traité complet des hydrocarbures, mais en réimprimant ses mémoires, mettre encore une fois sous les yeux des lecteurs ses propres travaux concernant ce sujet. Ainsi il y a nécessairement beaucoup de lacunes, et pour chaque hydrocarbure on devrait ajouter bien des détails si l'on voulait être complet.

Citons parmi les dérivés de l'acétylène, que l'auteur étudie dans la seconde partie du premier volume, les acides acétique, glycolique, oxalique, le phénol, dont M. Berthelot a fait la synthèse au moyen de l'acétylène.

Dans le second volume, l'auteur étudie les hydrocarbures pyrogénés. C'est ainsi qu'il appelle les carbures qui se forment sous l'influence de la chaleur depuis la température du rouge sombre jusqu'à celle du rouge blanc. Il ajoute ses études concernant l'action de l'effluve électrique sur les hydrocarbures et

sur l'ôxyde de carbone. Comme le premier volume, celui-ci se divise en deux livres dont chacun comprend plusieurs sections. Dans le premier livre traitant des carbures pyrogénés, la première section est consacrée à l'action de la chaleur sur les différents hydrocarbures isolés. La seconde étudie l'action de la chaleur sur les mélanges des hydrocarbures. La troisième contient une étude du gaz d'éclairage ; la quatrième expose les procédés suivis pour reconnaître et distinguer les différents hydrocarbures. Enfin dans les deux dernières sections l'auteur relate ses expériences concernant l'action de la chaleur et de l'effluve électrique sur l'oxyde de carbone.

Un chapitre fort intéressant, mais difficile, de la chimie organique, celui des terpènes et des camphènes, constitue la majeure partie du second livre de ce volume. Dans les deux premières sections M. Berthelot étudie les séries propylique et amylique et examine en détail l'isomérie du propylène et du triméthylène. Après cette étude il passe à celle des térébenthènes et des carbures camphéniques. Maintenant que, grâce surtout aux recherches de M. O. Wallach, nos connaissances relatives à ces hydrocarbures sont fort avancées, les travaux de M. Berthelot constituent plutôt un chapitre très intéressant de l'histoire de ces substances.

Le troisième volume enfin contient les méthodes générales de formation des dérivés de ces différents hydrocarbures. Parmi ces méthodes, c'est l'hydrogénation au moyen de l'acide iodhydrique qui est traitée avec le plus d'ampleur, et elle le mérite ; cette méthode, introduite en chimie par M. Berthelot, est d'une application vraiment universelle, et a rendu les plus grands services en chimie organique. Les deux autres livres de ce volume traitent de l'oxydation, et l'auteur expose dans cette partie de son ouvrage la formation des aldéhydes, des acides, et surtout des alcools.

L'aperçu que nous venons de donner de l'ouvrage de M. Berthelot est très incomplet. Toutes les questions que nous avons indiquées y sont étudiées en détail, et qui connaît les mémoires développés que l'auteur a publiés dans les Annales de chimie et de physique devine aisément quel immense travail ces trois volumes, formant un ensemble de près de 1500 pages, doivent représenter.

Peut-être, bien des lecteurs auraient-ils préféré que l'auteur eût condensé l'exposé de ses recherches; c'est pour ceux-là sans

doute que M. Berthelot dit dans sa préface qu'il n'aime pas ces résumés ou ces manuels qui sont censés reproduire les résultats des mémoires originaux, mais qui d'ordinaire négligent de signaler les théories nouvelles et les idées-mères des auteurs, pour se borner à indiquer le squelette des faits. La remarque est fondée, mais ces inconvénients auraient été bien diminués étant donné que l'auteur lui-même résumait ses travaux. Ceux qui auraient désiré les derniers détails les auraient cherchés dans les Annales de Chimie et de Physique, revue fort accessible aux savants. Quoi qu'il en soit, l'ouvrage a ce grand intérêt de mettre en lumière la part importante qui revient à son auteur dans le développement de la chimie organique, non seulement par la formation d'un nombre considérable de substances nouvelles, mais surtout par l'invention des méthodes générales qui ont servi à leur préparation. Peut-être la carrière scientifique de M. Berthelot déjà si fructueuse, l'aurait-elle été davantage encore si l'éminent chimiste avait utilisé ce puissant instrument auxiliaire, la théorie atomique. A la fin de sa préface, M. Berthelot exprime l'espoir " que cet ensemble qui résume toute une vie scientifique, présentera quelque intérêt, à la fois pour les spécialistes d'aujourd'hui et pour les personnes qui ont la curiosité de connaître la marche générale de l'esprit humain dans la découverte de la vérité ". Il n'est pas douteux que cet espoir ne soit pleinement réalisé. Nous ajouterons que cet ouvrage sera aussi une grande leçon pour les étudiants sérieux : ils y verront au prix de quels efforts et par quel acharnement au travail on arrive à reculer les bornes de la science et à contribuer à ses progrès.

H. D. G., S. J.

VIII

Choix de fossiles caractéristiques des dépots sédimentaires a l'usage des étudiants en géologie et des ingénieurs des mines, par Julien Fraipont, professeur à la Faculté des sciences et à la Faculté technique de l'Université de Liége. 2me édit. Atlas de 44 planches représentant 350 espèces. — Paris, Liége, Ch. Béranger.

Il y a quelques années (1) nous avons présenté aux lecteurs de la Revue la première édition de cet ouvrage. Désireux, à raison même de son utilité, de voir corriger les défauts plutôt nombreux de ce premier essai, nous nous étions imposé d'être assez sévère. Heureusement — et c'est la raison principale de notre présent compte rendu — cette fois la part des éloges pourra l'emporter de beaucoup sur celle de la critique. Nous serions d'ailleurs spécialement coupable de ne pas atténuer l'effet de la sévérité de nos anciennes appréciations, car l'auteur semble avoir en à cœur de tenir compte de tous les *desiderata*. Ce n'est pas qu'il ait eu besoin de nos lumières. Nous ne doutons pas que M. Fraipont, en pratiquant son manuel avec ses élèves, n'ait touché aisément du doigt les défauts, plus didactiques que scientifiques, qui déparaient sa première œuvre.

Félicitons M. Fraipont d'avoir augmenté le nombre des tables à ce point qu'une main, si inhabile soit-elle, peut immédiatement trouver l'objet de ses recherches. Le plus sensible progrès, dans ce sens, est sans nul doute l'impression des légendes en regard de chaque planche. Sans compter que l'auteur a apporté bien plus de soin à leur rédaction, rien que l'ajoute des proportions de la grandeur relative de chaque figure est une amélioration des plus appréciables.

Les en-têtes des planches ont eux aussi reçu d'heureuses corrections. Nous avions fait ressortir le préjudice que le manque de précision pouvait entraîner pour le débutant. Dans des ouvrages de l'espèce, nous serions tenté d'exiger une excessive rigueur pour tous les détails, ou mieux, il n'y a plus de détails : tout est important, presque au même titre.

Ainsi, pour les en-têtes des planches, nous voudrions qu'ils parlent à l'élève sans l'obliger de recourir chaque fois aux tableaux synoptiques du commencement.

Dans la première édition la planche XXVII — c'est la seule correction moins heureuse que nous ayons relevée — portait " Trilobites et Ostracodes „. Cela ne préjugeait rien sur la classification générale, restée d'ailleurs la même d'une édition à l'autre. Mais cette rédaction avait l'énorme avantage de donner deux termes de même valeur taxonomique. La même planche (pl. XXXIV) dans la seconde édition porte " Trilobites et Crustacés „. Pour être logique il faudrait " Arachnomorphes et Crustacés „, ce qui pour plus précis ne serait pas plus suggestif.

(1) Revue des Quest. scient. 2me série, t. IX, pp. 245-248.

Dans un manuel destiné à guider les pas des débutants à travers des dédales aussi compliqués que ceux de la paléontologie il faut joindre toute la rigueur scientifique au suggestif : élément important pour faciliter le travail si ardu de la mémoire.

La sensible augmentation du nombre des planches, a permis à M. Fraipont d'apporter de précieuses améliorations à son travail. Il n'y a plus ces lacunes d'autrefois, qui pouvaient faire croire à un déséquilibrement des règnes animés, pour certaines époques géologiques. L'ensemble des groupements les plus importants est représenté dans des proportions satisfaisantes.

Fidèle à l'antique adage *ne sutor ultra crepidam*, nos remarques de détail se borneront aux pages de paléobotanique.

Nous avions réclamé, il nous en souvient, contre l'absence de la *Stigmaria ficoïdes*. Mais nous ne connaissons pas — comme type normal — la *Stigmaria* à côtes que reproduit la fig. 12, pl. I.

Pour la fig. 11 de la même planche nous avons beaucoup de peine à y voir la *Sigillaria lessellata*. L'échantillon rappellerait bien plutôt la *Sigillaria mamillaris*, toujours représentée d'une façon problématique à la planche V, fig. 2 (pl. III de la 1re édit.).

Que veut dire pl. II, fig. 7 et 8, *Pecopteris denlata (muricata)*? Ou bien la spécification est *denlata* et la fougère appartient au genre *Pecopteris*, ou bien c'est *muricata* et elle appartient au genre *Mariopteris*. C'est cette dernière détermination qu'il faudrait donner aussi à la penne reprodnite pl. VII, fig. 3.

Chose bien plus surprenante, c'est la planche (pl. III) qui figure les *principaux types de nervation de folioles de fougères fossiles*. Elle distingue la nervation caractéristique du genre *Nevropteris* de celle du genre *Nevropteris*. Elle ignore encore que le genre *Diclyopteris* s'appelle plus correctement *Linopteris*. Et elle semble ne pas connaître l'existence des genres *Pecopteris* et *Mariopteris*, si répandus dans le houiller. C'en est trop pour une page systématique.

Néanmoins cette édition marque un progrès énorme sur sa devancière. Toutes les parties ont été l'objet de retouches judicieuses. Et, ce qui ne gâte rien, l'exécution typographique, tant des planches que du texte, est de loin supérieure à celle de la première édition. Déjà, nous recommandons vivement l'emploi de ce petit manuel de paléontologie aux professeurs, qui veulent familiariser leurs élèves avec les formes des fossiles. Mais nous espérons que la prochaine édition, dégagée des dernières imper-

fections, dotera la bibliographie didactique d'un précieux manuel qui, sous un petit format et pour un prix relativement modeste, mettra à la disposition des amateurs, toujours plus nombreux, la reproduction des types fossiles dont la connaissance est particulièrement utile aux élèves paléontologistes.

G. Schmitz, S. J.

IX

Le transformisme médical. L'évolution physiologique (thérapeutique rationnelle), par le Dr Hector Grasset, un vol. in-16 de 546 pages. — Paris, Société d'éditions scientifiques, 1900.

Le Dr Grasset n'a rien de commun avec son homonyme, l'éminent professeur de Montpellier, mais son livre très suggestif, gros de faits et de conclusions, mérite de ne pas passer inaperçu. Tout n'y est pas à retenir, mais que de vues profondes, ingénieuses et justes !

Je passerai volontiers condamnation sur le chapitre de la thérapeuthique qui est la partie faible de l'ouvrage. " La thérapeutique doit être le *transformisme vital* „ : telle est la thèse fondamentale et discutable. Notre auteur estime " que, quelle que soit la *force vitale* employée, suivant l'idée de Paracelse, tout est poison et tout vie, et qu'il n'y a qu'une question de plus ou de moins „, elle peut donc être salutaire ou néfaste, il faut la doser suivant l'individu à soigner (p. 487). Il ajoute ce qui n'est pas pour déplaire aux praticiens : " *Le médecin est la drogue la plus utile au malade*, je pourrais même dire la seule vraiment intensive... De même qu'un orateur rayonne dans la foule par l'extériorisation de son idée, de même le médecin vraiment digne de ce nom, *doit rayonner la vie chez ses malades*. „ Retenons encore cette judicieuse observation : " On nie les phénomènes de télépathie ou autres d'ordre psychique sous prétexte qu'ils ne sont pas tangibles, démontrables mathématiquement ou se rapportant aux lois physiologiques courantes, et l'on ne s'inquiète pas si la soi-disant *chimie vitale* enseignée, dont nous ne connaissons que les produits extrêmes, n'est pas une hypothèse à titre égal. L'histoire de l'hypnotisme devrait cependant tenir en garde contre une incrédulité de mauvais aloi; elle nous montre aussi que souvent l'idée ne se propage pas

parce que ce n'est pas un *maître* qui en est le promoteur... *Il n'y a point de vrai que ce qui est tangible*; la pensée se manifeste en nous d'une façon incompréhensible et ne nous permet cependant pas d'en douter. „

Par suite de ses idées sur la *force vitale* qu'il croit mieux établir qu'elle ne l'est, le Dr Grasset préconise la *psychothérapie* et l'*organothérapie*, méthodes douteuses et suspectes, et se montre, au contraire, trop sévère pour la *sérothérapie* qui a fait ses preuves.

N'insistons pas, et rendons à notre auteur la justice qu'il mérite pour toute la partie physiologique de son livre. Les idées remarquables qu'il développe, il n'en revendique pas l'originalité, mais l'attribue nettement à un savant méconnu, M. le Dr Béchamp, auquel il rend un légitime hommage. La vie ne se limite pas à la cellule, comme on l'a dit; elle réside dans le *microzyma*, l'atome vital, l'agent des fermentations. La cellule n'est qu'un agrégat de ces atomes vitaux. Leur désagrégation constitue la mort. “ L'individu malade se désagrège aussi en éléments, mais ceux-ci, au lieu d'être des ferments ordinaires, sont des ferments morbides qui peuvent propager le mode de décomposition à un individu placé dans de mauvaises conditions de milieu ou antihygiéniques. Les microzymas sont *morbiphores* et non *morbigènes*, ils ne doivent leur malignité qu'à l'individu qui les a produits en devenant spontanément malade. Les ferments morbides ne sont pas des parasites spéciaux, nés en dehors de l'animalité, ce ne sont pas des êtres créés originellement et exclusivement pour nuire aux autres, mais *des produits de l'individu anormal*... La *théorie microbienne*, de beaucoup postérieure à celle de Béchamp et qui ne diffère que par la manière d'envisager l'origine du nécrophore, dont elle fait un nécrogène, ce qui change les conclusions, est une contrefaçon désastreuse, néfaste, antiphysiologique et antiphilosophique de la théorie du microzyma : elle ne doit sa prépondérance qu'à des influences politiques et à des intérêts d'école. „

Nous laissons à M. le Dr Grasset la responsabilité de cette grave conclusion. Nous avons tenu à la citer pour montrer l'intérêt et l'importance des questions que son livre soulève et qu'il résout avec autant d'originalité que d'indépendance. Sa lecture s'impose à tous les hommes qui pensent.

Dr Surbled.

X

Les cinq parties du monde. *Cours supérieur de Géographie, IIe Partie*, à l'usage de l'enseignement moyen du degré supérieur, par Alexis-M. G. Un volume de 228 + 260 pages. — Liége, Dessain, éditeur.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que les lecteurs de la Revue des Questions scientifiques connaissent les ouvrages de géographie, devenus classiques, publiés par l'auteur précité (1).

Il y a quelques années, la Revue faisait le compte rendu de la 3me partie de son *Cours supérieur*, intitulée : la *Terre dans son ensemble*, ouvrage répondant au programme de la première classe des athénées.

Rappelons, en quelques mots, que dans cet ouvrage, après avoir traité de la cosmographie, l'auteur s'attachait à l'étude de la *physique du globe*, aux manifestations géologiques, orographiques, hydrographiques, etc., de façon à faire ressortir le pourquoi et le comment des tremblements de terre, du soulèvement ou du plissement des montagnes, du creusement ou de l'effondrement des bassins de mers et de lacs, de la formation des vallées par l'érosion des eaux courantes, etc., ainsi que l'enseigne la science moderne.

C'est l'application de ces principes généraux que l'auteur présente dans son 2me volume, relatif aux *Cinq Parties du Monde*, notamment dans l'étude de l'Europe, qui, sous ce rapport, a été largement développée, comparativement aux éditions antérieures du même Cours.

Dans une douzaine de chapitres, traitant chacun un pays en particulier : France, Allemagne, Italie et autres, l'auteur suit invariablement la même marche. En premier lieu, vient la *Géographie physique*, exposant les formes terrestres dans leur état naturel, indépendamment de l'action humaine ; en second lieu, les *habitants* du pays et leurs créations politiques ; en troisième lieu, la *Géographie économique*, c'est-à-dire le résultat de l'action de l'homme sur le sol par l'agriculture, l'industrie et le commerce.

(1) Le Cours supérieur de Géographie, par Alexis-M. G. se compose de trois volumes : la *Belgique*, les *Parties du Monde* et la *Terre dans son ensemble*.

C'est bien là l'ordre analytique appliqué à l'ensemble du pays, et suivi par la plupart des auteurs de manuels classiques. Toutefois, dans ces derniers temps, on a vu s'élever un système de description *synthétique* qui, procédant d'abord par le morcellement de la contrée en *régions naturelles*, reprend chacune d'elles pour l'étudier à part dans une description intime et pittoresque. On y met en regard simultanément l'état naturel du sol de la contrée, avec la manière dont les habitants en ont tiré parti, tant pour s'y installer que pour y trouver leur subsistance et satisfaire aux besoins de la vie sociale.

Il y a certainement dans ce procédé nouveau, employé dans l'enseignement universitaire, un caractère logique qui est à imiter pour l'enseignement moyen dans une certaine mesure, c'est-à-dire en n'abusant pas des dissertations, au point de négliger le côté pratique résultant d'une analyse bien coordonnée.

D'ailleurs, notre auteur a voulu unir les deux modes, ainsi qu'on va le voir en analysant un chapitre quelconque, celui de l'Italie par exemple.

Et d'abord dans le § I, *Géographie physique*, on débute par un sommaire des principaux accidents naturels, énumérant les mers, golfes, îles, presqu'îles, caps, montagnes et fleuves, dont la représentation cartographique constitue la base solide sur laquelle sera édifiée l'étude du pays. Pour l'auteur, en effet, c'est le *croquis cartographique*, tracé par le maître au tableau noir, par l'élève sur un cahier spécial lithographié, qui fait le point de départ de la leçon. Évidemment il suppose au préalable une courte exposition du sujet à l'aide d'une carte murale complète, telle que celles qu'il a publiées récemment pour les États de l'Europe.

Vient ensuite le paragraphe de la *formation géologique*, d'où résultent les régions naturelles, les unes élevées, comme les Alpes et les Apennins, les autres basses, comme la plaine du Pô, ou moyennes, comme les plateaux de la Toscane et de la Sicile. L'âge des terrains y est sobrement indiqué pour pouvoir en tirer les conséquences relatives à la fertilité du sol, aux productions minérales, étant donné qu'en général les terres sont d'autant plus fertiles qu'elles sont plus récentes, sauf des exceptions locales, tandis que les minéraux gisent dans les roches anciennes.

Ce paragraphe de géologie générale, qui trouvera son application plus loin, est suivi des particularités concernant les *fleuves* principaux, puis d'un alinéa sur l'étude du *climat*, dont l'action en agriculture surtout est considérable.

Le § II concerne la *Géographie politique*. On y débute par un résumé *historique* de la formation du royaume d'Italie et des faits principaux qui se sont passés dans la contrée. Ici le passé éclaire le présent et permet jusqu'à un certain point de préjuger de l'avenir.

La *Statistique* donne immédiatement après les chiffres de la superficie, de la population absolue et relative avec l'accroissement annuel. Puis l'*Ethnographie*, qui se rattache encore à l'histoire, fait connaître la race, la ou les familles de peuples qui constituent la nation, leur religion, la langue parlée, la diffusion de l'instruction publique, etc.

Vient ensuite le mode de *gouvernement*, avec les divisions administratives qu'il comporte, lesquelles ne sont réellement intéressantes que si elles ont leur source dans l'histoire ou dans la nature du pays.

En effet, pour l'étranger il importe peu que l'Italie soit divisée en 69 départements ayant chacun telle ville pour chef-lieu. Les divisions qu'il lui est utile de connaître sont les régions historiques, telles que le Piémont, la Lombardie, la Toscane, etc.

Aussi est-ce en général sur les divisions anciennes, ou *compartimenti*, que l'auteur base sa *description régionale*, qui constitue le principal développement du chapitre de l'Italie, où elle forme un § III spécial.

Ainsi, par exemple, après une revision plus ample du massif des *Alpes*, granitiques ou calcaires, et de la *plaine* quaternaire du *Pô*, régions essentiellement physiques, on aborde l'étude du *Piémont*, province mi-partie alpestre, mi-partie basse. On y décrit le cours du Pô et de ses nombreux affluents ; on signale au passage les villes arrosées, qu'intéressent l'histoire ou l'industrie, et les grandes voies ferrées transalpines ; on décrit la nature du sol, ses productions agricoles et minérales, avec les industries qui en dérivent ; les canaux navigables ou fertilisateurs de la plaine alluviale quaternaire et les belles cultures de la région accidentée du Montferrat. Les villes de Saluces, Pignerol, Turin, Novare, Alexandrie et autres se trouvent citées dans leur cadre naturel, montagnes abruptes ou plaines cultivables, d'où résultent leur industrie et leur commerce, par suite leur population et leur importance relative.

Du Piémont, l'auteur passe en *Ligurie*, côte peuplée de marins, en *Lombardie*, si riche en cultures; puis en Vénétie, en Toscane, en Émilie, dans les Abruzzes, les Campagnes de Rome et de Naples, si différentes d'aspect et de produits ; enfin dans la

Pouille, la Calabre, les îles de Sicile et de Sardaigne, faisant ressortir partout la nature du sol et le genre d'industrie des habitants.

Cette description régionale, complète et explicite bien que concise, ne dispense pas cependant de récapituler dans un § IV la *Géographie économique* du royaume, où les faits sont groupés suivant qu'ils se rapportent à l'agriculture, à l'industrie extractive ou manufacturière, au commerce intérieur, facilité par les voies navigables ou ferrées, au commerce extérieur d'importation ou d'exportation, etc., etc. On y rattache enfin les Colonies qui, aujourd'hui, sont l'extension nécessaire de la patrie au dehors.

Ce qui vient d'être dit pour l'Italie se répète avec plus ou moins de variantes pour l'Espagne, la France, l'Angleterre, l'Allemagne et les autres pays de l'Europe.

Remarquons en terminant que chaque chapitre du manuel contient deux cartes sommaires, mises en regard, l'une physique et politique muette, l'autre géologique. Celle-ci indique par un système constant de hachures parallèles, obliques, horizontales ou verticales, l'âge ou la nature des terrains : primaires, secondaires, tertiaires, quaternaires ou modernes, toujours d'une manière concise mais suffisante, pour que l'élève puisse suivre les explications du professeur.

D'ailleurs, ainsi que l'annonce la Préface du livre, le maître peut avoir à sa disposition une série de cartes murales comprenant chacune des contrées de l'Europe (1), dressées à une échelle convenable et fortement écrites, où le relief du sol est exprimé par trois teintes hypsométriques conventionnelles : le vert, pour les parties basses jusqu'à 200 mètres, suivi du jaune jusqu'à 500 mètres et du bistre jusqu'à 1000 mètres. Les altitudes supérieures sont indiquées par le blanc, où les arêtes montagneuses sont exprimées par des schémas.

Si nous ajoutons que le volume des *Cinq Parties du Monde* est en outre orné d'illustrations répondant au principe de l'enseignement par l'image, le lecteur se rendra compte du souci de l'auteur pour joindre l'agréable à l'utile, même dans un Cours supérieur de Géographie qui s'adresse à des jeunes gens se préparant aux examens.

D. L.

(1) Collection de 12 *cartes murales des États européens*, en 6 feuilles double face, sur papier toilé, par Alexis-M. G. — Liége, Dessain, éditeur.

XI

La Logique de Leibniz, d'après des documents inédits, par Louis Couturat, chargé de cours à l'Université de Toulouse. Un vol. in-8° de xiv-608 pages de la *Collection historique des grands philosophes*. — Paris, 1901, librairie Félix Alcan.

Dans sa préface, M. Couturat fait bien ressortir combien la Logique de Leibniz est mal connue. Les opuscules qui la concernent n'ont été que très incomplètement publiés et sont encore dispersés dans des éditions fragmentaires, notamment dans les deux éditions où Gerhardt a si malencontreusement distribué les *Œuvres mathématiques* et les *Œuvres philosophiques*, " comme si l'on pouvait découper en tranches l'œuvre d'un savant encyclopédique dont la philosophie était nourrie de l'étude de toutes les sciences et a inspiré en retour toutes ses découvertes scientifiques... Ainsi l'absurde et déplorable scission des " lettres „ et des " sciences „ ne compromet pas seulement l'avenir de la philosophie ; elle fausse son histoire et rend son passé inintelligible, en l'isolant des spéculations scientifiques où elle a toujours pris racine „.

Les éditeurs de Leibniz n'ont d'ailleurs rien compris aux fragments relatifs à la Logique, dont ils publiaient quelques-uns comme au hasard. Aussi M. Couturat a-t-il été prendre connaissance des manuscrits conservés à la Bibliothèque de Hanovre et en a-t-il extrait les fragments les plus intéressants qu'il publiera bientôt. Avant d'aborder à sa suite l'examen des points essentiels de cette Logique, nous devons prévenir qu'elle est bien loin de former une œuvre achevée : elle est remplie de grands aperçus très féconds et aussi de détails précieux, mais l'œuvre conçue n'a pas abouti, si ce n'est fragmentairement et grâce à des travaux postérieurs à Leibniz. Ceux qui ont négligé sa Logique pourront trouver là, non certes une excuse, mais une circonstance atténuante.

Avant d'étudier les idées originales de Leibniz, M. Couturat recherche ce qu'il pensait de la Logique d'Aristote et des Scolastiques et en particulier de la théorie du syllogisme. Il professa toujours pour celle-ci une grande admiration, et vers la fin de sa vie il rappelait les perfectionnements que, dès l'âge de 19 ans, il apportait à cette théorie dans sa *Dissertatio de Arte combinatoria*. Nous ne saurions entrer dans l'examen des vues

propres à Leibniz à ce sujet ; mais nous tenons à noter qu'on lui doit le schématisme géométrique attribué à Euler, par lequel on représente les trois termes du syllogisme au moyen de cercles, intérieurs quand ils s'incluent, extérieurs quand ils s'excluent, se coupant quand ils ont quelque élément commun (1). Du reste, Leibniz avait imaginé un système de schèmes rectilignes plus explicite et plus expressif, que M. Couturat expose en détail.

A propos de ces divers schèmes, il fait remarquer qu'ils ne s'appliquent pas à l'interprétation en compréhension comme ils le font à l'interprétation en extension. Pour le mode *Barbara*, le même schème convient aux deux cas, auxquels il s'adapte par un simple renversement : si, par exemple, les trois termes sont *breton, français, européen*, breton est inclu dans français qui lui-même est inclu dans européen, en extension ; en compréhension, l'ordre est simplement renversé : dans les deux cas on a trois cercles s'enfermant les uns les autres, français étant toujours le cercle intermédiaire, tandis que breton est le petit cercle en extension et le grand en compréhension.

Au contraire, un syllogisme en *Celarent* soulève des difficultés. Prenons les trois termes *normand, français, anglais*. En extension, normand est contenu dans français, et français exclut anglais : on a donc le petit cercle normand inclu dans le grand cercle français, puis un troisième cercle anglais extérieur au second. On conclut de ce schème que le cercle anglais est extérieur au cercle normand : nul normand n'est anglais,

En compréhension, il n'en est plus de même : français est inclu dans normand et exclut encore anglais. Le schème nous montre que le petit cercle français est extérieur au cercle anglais, mais il ne nous montre pas que celui-ci n'a aucune partie commune avec le cercle normand.

Rebelle au schématisme géométrique, l'interprétation en compréhension sera réfractaire au traitement mathématique.

Or Leibniz a toujours eu une tendance marquée à s'attacher à

(1) C'est une chose surprenante que le nombre de découvertes faussement attribuées à Euler. Nous-même avons montré que la théorie des couleurs, comme résultats de vibrations plus ou moins rapides, appartient à Malebranche, et l'on trouve, dans l'ouvrage de M. Couturat, deux autres exemples de ces attributions injustifiées, celui du principe de la moindre action et celui du théorème dit de Fermat sur les nombres premiers, dont on attribue à Euler une démonstration déjà donnée par Leibniz (si un nombre entier x n'est pas divisible par le nombre premier p, $x^{p-1} - 1$ est divisible par p).

la compréhension, conformément à l'exemple donné par Aristote, tout en étant amené mainte fois à adopter l'interprétation en extension, qui était celle des scolastiques. Cette malheureuse tendance a eu la plus fâcheuse influence sur ses travaux de logique.

Mais Leibniz est loin de s'en tenir à la logique classique, et il en rêve une plus sublime, qui soit une " mathématique universelle ". Dès sa dix-huitième année, il fut amené à penser que toutes les vérités peuvent se déduire d'un petit nombre de vérités simples par l'analyse des notions qui y entrent et qu'à leur tour toutes les idées peuvent se réduire par décomposition à un petit nombre d'idées primitives et indéfinissables. Il suffirait de faire le dénombrement de celles-ci, puis de les combiner pour obtenir progressivement toutes les idées complexes. C'est de cette pensée qu'est sorti son *De Arte combinatoria.*

Un sujet donné, résultant de la combinaison d'un certain nombre d'idées, a pour prédicats non seulement chacune de ces idées ou facteurs premiers, mais encore toutes leurs combinaisons. Donc, si k est le nombre des termes simples, le nombre des prédicats est égal à $2^k - 1$.

Inversement, si un terme de k facteurs est donné, le nombre de ses sujets possibles, dont il sera le prédicat, est égal à $2^{n-k} - 1$, si l'on désigne par n le nombre *total* des termes simples, car chaque terme est un prédicat de tous les produits où il figure, et le nombre de ceux-ci est celui des combinaisons des $(n-k)$ autres termes.

Sans insister sur les autres problèmes : trouver le nombre des prédicats qu'on peut attribuer à un sujet dans une proposition particulière, trouver les sujets ou prédicats négatifs d'un terme donné, trouver les moyens termes propres à prouver une conclusion donnée, disons que Leibniz, tout en reconnaissant dans la suite les imperfections de sa combinatoire, se plaisait à la rappeler comme le prélude de ses inventions ultérieures. Dès ses débuts il songeait à désigner chaque concept simple par un signe, de façon à former un *alphabet des pensées humaines ;* de la combinaison de ces signes et des relations entre ces combinaisons naîtrait une spécieuse générale ou une caractéristique universelle, c'est-à-dire une algèbre logique.

Toutefois, au début, Leibniz était trop novice en mathématiques pour que sa caractéristique lui apparût comme une algèbre : elle revêtit d'abord la forme d'une langue ou d'une écriture universelle. A cette époque, l'idée d'une langue uni-

verselle était assez répandue ; mais les essais que connaissait Leibniz n'étaient que des systèmes d'écriture conventionnelle, analogues à nos codes télégraphiques ou à nos chiffres diplomatiques. Cela ne pouvait le satisfaire : son écriture universelle reposerait sur l'analyse complète des concepts et leur réduction à des termes simples. Chacun de ceux-ci étant représenté par un signe aussi naturel que possible, on pourra, avec cet alphabet, représenter tous les concepts complexes : c'était reprendre à peu près l'idée émise par Descartes dans sa lettre du 20 novembre 1629 au P. Mersenne.

Profitant plus tard des travaux de Wilkins et de Dalgarno, tout en les perfectionnant, il reste fidèle à son idée de la décomposition des concepts en idées simples, qu'il propose de représenter au moyen des nombres premiers : si animal est représenté par 2 et raisonnable par 3, homme s'écrira 2×3 ou 6. Tel est le principe du système exposé, en 1678, dans un fragment intitulé *Lingua generalis*. Pour obtenir une langue parlée, Leibniz remplace les neuf chiffres significatifs par les neuf premières consonnes et les unités décimales par les voyelles et les diphtongues, à l'imitation de Dalgarno, mais avec ce perfectionnement que les lettres peuvent être interverties, ce qui donnerait, dit-il, des facilités merveilleuses pour la poésie et la musique.

Mais ensuite il se rend mieux compte des difficultés, et en 1678 on le voit prendre pour point de départ les langues vivantes pour en extraire les idées simples, ainsi qu'une grammaire rationnelle, et, comme travail préliminaire, il projette une grammaire latine purgée de toutes les irrégularités et exceptions, ce qui le conduit à la " grammaire philosophique " de sa future langue universelle. Quant au vocabulaire même de cette langue, on l'obtiendra également par l'intermédiaire d'un latin simplifié et régularisé, mais toujours en s'appuyant sur les relations logiques primitives et l'analyse des concepts. La langue universelle s'est distinguée nettement du *Calculus ratiocinator*, mais, pour l'établir, un double et gigantesque travail préliminaire s'impose : l'élaboration d'une encyclopédie, ramenant toutes les connaissances humaines à des principes simples et évidents, et l'institution d'une caractéristique universelle représentant tous les concepts primitifs par des caractères appropriés, avec des signes exprimant leurs combinaisons et leurs relations. Il était d'ailleurs nécessaire de mener de front les deux parties de ce travail.

Leibniz voulait d'abord que sa caractéristique fût *réelle*, c'est-

à-dire idéographique, à la façon des chiffres arithmétiques et des signes algébriques ; il prétendait qu'elle permît d'effectuer les raisonnements par un calcul analogue aux calculs arithmétique et algébrique. Ce n'est d'ailleurs pas sans raison qu'il attribue son invention du calcul infinitésimal à sa recherche constante de symbolismes nouveaux et plus généraux.

L'usage de cette caractéristique, qui remplacerait les raisonnements par des transformations matérielles fournirait " un fil d'Ariane „ pour se retrouver à coup sûr dans " le labyrinthe „ de la déduction. Songeant à Descartes, il dit que " ceux qui nous ont donné des méthodes donnent sans doute de beaux préceptes, mais non pas le moyen de les observer „. Grâce au contraire à sa caractéristique, les raisonnements (ou mieux les écritures qui les remplacent) s'enchaîneront si aisément qu'on peut l'appeler le *juge des controverses ;* pour en terminer une, les adversaires n'auront qu'à prendre la plume, en s'adjoignant au besoin un ami comme arbitre, et à dire : " Calculons ! „

N'arrivant pas à se satisfaire pour le choix des nombres premiers caractéristiques des concepts simples, Leibniz passe outre, les suppose trouvés et se propose d'établir les règles du calcul logique sur des nombres hypothétiques ou mieux sur des lettres. Mais il revient toujours au choix des caractéristiques et reprend ses idées premières sur l'emploi de petites figures représentant les choses visibles par leurs traits et les invisibles par des visibles qui les accompagnent.

Il cherche aussi à substituer aux signes algébriques, d'abord préférés, des schèmes géométriques ; puis il rêve de réduire la logique à la mécanique : ayant inventé, dès sa jeunesse, une machine arithmétique pour effectuer les quatre opérations et une machine algébrique pour résoudre les équations, il imagine une " grammaire cylindrique „, semblable aux cadenas à secret : les différents tambours porteraient, l'un les racines, un autre les préfixes, d'autres les suffixes et les terminaisons nécessaires aux déclinaisons et aux conjugaisons. Leibniz rêve encore un cylindre qui fournirait tous les théorèmes entre certains termes donnés.

Quoi qu'il en soit, il hésita si bien dans son choix qu'il laissa arriver la fin de sa vie sans avoir établi ne fût-ce qu'une partie de sa caractéristique, bien qu'il y songeât toujours. Du reste il aurait eu besoin, sinon d'une encyclopédie complète, du moins d'un ensemble de définitions logiques de tous les concepts fondamentaux des diverses sciences ; or, nous allons voir qu'il

échoua dans la vaste entreprise de son encyclopédie, dont le projet l'occupa toute sa vie.

Bien qu'il eût étudié tous les ordres de connaissances, Leibniz ne pouvait songer à composer à lui seul ce résumé des connaissances humaines : aussi le voyons-nous tantôt chercher à provoquer la formation d'une société spéciale pour l'accomplissement de ce grand œuvre, tantôt s'adresser aux académies existantes, tantôt enfin solliciter les grands souverains, tels que Louis XIV et Pierre-le-Grand. Tout cela fut en vain, et M. Couturat nous montre Leibniz, après avoir démesurément enflé son programme, se restreindre au projet des *Initia Scientiæ generalis* où il exposerait les principes de sa méthode : ce devait être là sa Logique.

Pour lui, elle doit comprendre deux parties : la *Méthode de la certitude*, ou *Elementa veritatis æternæ*, qui sert à démontrer les vérités déjà découvertes, et la seconde qui sert à découvrir des vérités nouvelles, par une méthode sûre, dans un ordre progressif et systématique. Mais peu à peu il s'aperçoit que l'analyse et la synthèse jouent leur rôle dans l'une et l'autre de ces parties, en sorte qu'il en vient à diviser la Logique d'après ces deux procédés essentiels bien plus que d'après l'usage qu'on en fait. L'analyse consiste à décomposer tous les concepts en leurs éléments simples, au moyen de la définition ; et la synthèse consiste à reconstituer tous les concepts, en partant de ces éléments, au moyen de l'art des combinaisons. Leibniz fait remarquer d'ailleurs que l'analyse d'une vérité est plus aisée que l'analyse d'un concept, car pour la première il suffit de montrer que le sujet comprend le prédicat, tandis que la définition parfaite de ce même sujet exige que la résolution soit complète.

Toute démonstration repose donc sur une définition, complète ou incomplète, des termes, et Leibniz nie qu'il existe des propositions indémontrables ou axiomes, toute vérité devant pouvoir se démontrer, à l'exception des propositions identiques ou réductibles au principe d'identité et des propositions empiriques, connues par l'expérience. Les vérités rationnelles, ne pouvant d'ailleurs dépendre de celle-ci, se ramènent forcément aux définitions et au principe d'identité.

Leibniz distingue d'ailleurs les définitions en nominales et en réelles, les premières désignant seulement les caractères distinctifs de la chose définie, tandis que les secondes en manifestent la possibilité ou l'existence : celles-ci ne sont donc pas arbitraires, et telles sont les définitions par génération. De

toutes les définitions réelles la meilleure est d'ailleurs celle qui décompose la notion en tous ses facteurs premiers.

Une chose intéressante à noter est que Leibniz se rend fort bien compte qu'aux débuts d'une science on ne doit pas s'obstiner à tout analyser, mais qu'on admet des postulats sur lesquels on reviendra plus tard, tout devant finalement se démontrer, sauf l'axiome d'identité. Voici, par exemple, comment il démontre l'axiome d'Euclide : " Si à des quantités égales on ajoute des quantités égales, on obtient des sommes égales „. L'égalité est définie ainsi : " *Æqualia* sunt quæ sibi substitui possunt salva magnitudine „ ; or on a en vertu de l'axiome d'identité :

$$a + b = a + b$$

et par hypothèse :

$$a = c, \; b = d.$$

D'où en vertu de la définition de l'égalité :

$$a + b = c + d.$$

Leibniz attribue à toutes les vérités le caractère analytique, même aux propositions singulières, car, dit-il, " la notion individuelle de chaque personne enferme une fois pour toutes ce qui luy arrivera à jamais „, de sorte qu' " on y voit les preuves *a priori* ou raisons de la verite de chaque evenement „. Et cependant il maintient la distinction des vérités nécessaires et des vérités contingentes, et il l'explique en disant que la démonstration des vérités de fait exigerait une analyse infinie, parce que le concept de toute chose concrète enveloppe une infinité d'éléments ou de conditions : Dieu seul peut connaître *à priori* ces vérités, comme seul il voit les rapports incommensurables.

Ceci nous amène à une interprétation assez nouvelle du *principe de raison*, lequel apparaît comme l'affirmation que toute proposition vraie est virtuellement analytique ; il est pour nous, hommes, le succédané de cette analyse infinie que Dieu seul peut accomplir.

Mais alors la distinction des vérités nécessaires et contingentes disparaît ? Non, dit Leibniz, car il n'y a de nécessité que la nécessité logique et d'impossibilité que la contradiction ; mais tous les possibles ne sont pas *compossibles*, c'est-à-dire compatibles entre eux, et la volonté divine choisit le meilleur des mondes compossibles.

Les vérités de fait ne procèdent donc pas d'une nécessité métaphysique, mais d'une nécessité morale.

Ce principe de raison se traduit en physique par divers axiomes spéciaux, le *principe de symétrie* (cas de la balance portant des poids égaux), le *principe des indiscernables*, celui de *la simplicité des lois de la nature* ou *d'économie* (déduction des lois de la réflexion et de la réfraction), le *principe de la moindre action*, attribué à Maupertuis mais dû à Leibniz, le *principe de continuité* (1).

Si nous voulons tenter de refaire les calculs de " l'éternel Géomètre ", nous devrons employer d'abord la combinatoire, qui enseigne à former toutes les combinaisons imaginables des divers possibles, puis le calcul des probabilités qui permet, connaissant la probabilité des possibles élémentaires, de calculer la probabilité de chaque combinaison. Cela fait, on déterminera, au moyen du calcul infinitésimal la combinaison de probabilité maximum. Avouons ici que nous ne voyons pas bien comment cette notion de probabilité s'introduit légitimement dans la logique de Leibniz, car on ne peut le faire qu'en traitant divers cas comme indiscernables : si je tire des boules blanches et des boules noires, le tirage d'une boule blanche est traité comme identique au tirage d'une autre boule blanche. En tout cas, il paraît clair qu'elle ne signifie quelque chose que pour l'homme, la probabilité n'existant pas pour Dieu. Quoi qu'il en soit, il regrettait l'absence d'une Logique des probabilités, et il montre par de nombreux exemples son utilité pour l'art d'inventer.

L'intervention de l'expérience se justifie sans peine : elle nous donne le résultat que nous eussions dû, mais n'avions pu déduire du principe de raison. Mais Leibniz n'accorde qu'une assez faible valeur à l'induction. Pour lui, la démonstration d'une loi empirique consiste à la déduire d'une loi hypothétique plus générale qui puisse servir de principe à d'autres lois empiriques et à remonter ainsi progressivement de lois en lois de plus en plus générales, de manière à faire dépendre toutes les lois empiriques du plus petit nombre possible de principes ou d'hypothèses.

Quant à la probabilité d'une hypothèse, Leibniz l'estime à sa simplicité, au petit nombre de postulats expliquant un grand nombre de phénomènes et au fait qu'elle permet d'en prévoir de nouveaux. Ici nous apercevons la raison d'être du calcul des

(1) Lorsque les cas (ou ce qui est donné) s'approchent continuellement et se perdent enfin l'un dans l'autre, il faut que les suites ou evenemens (ou ce qui est demandé) le fassent aussi.

probabilités : quand on remonte des phénomènes aux lois hypothétiques, on ne peut atteindre la certitude, et par suite on doit évaluer la probabilité du résultat. Dans la déduction au contraire, c'est la caractéristique qui doit intervenir, car elle permet de déduire toujours les conséquences logiques des données de l'expérience.

On voit combien la méthode de Leibniz a un caractère mathématique ; mais avant d'appliquer les mathématiques à toutes les sciences, il faut en généraliser l'idée, et de là naît la " mathématique universelle „.

M. Couturat résume en ces termes la notion de cette mathématique selon Leibniz : " La mathématique n'a pas pour matière seulement le nombre et la grandeur, mais tout ce qui, dans le domaine de l'intuition sensible, est susceptible de détermination exacte et précise ; c'est selon son expression la *Logique de l'imagination*. Or, l'imagination a pour objet la quantité et la qualité, ou la grandeur et la forme : suivant l'une, les choses sont égales ou inégales ; suivant l'autre, semblables ou dissemblables. La considération de la similitude est donc aussi générale et fondamentale que celle de l'égalité et appartient essentiellement comme elle à la mathématique universelle. Par conséquent, celle-ci doit se diviser en deux branches principales : la science des grandeurs, ou de l'égalité, des rapports et des proportions, qui est la mathématique traditionnelle, et qui se résume dans la logistique ; et la science des formes ou de la similitude, de l'ordre et de la disposition, qui est la combinatoire „.

Leibniz insiste d'ailleurs sur l'insuffisance de l'algèbre, même au point de vue de la pure logistique, qui exige son complément par le calcul infinitésimal. Au-dessus apparaît la combinatoire, véritable science de l'invention, qui étudie toutes les relations pouvant exister entre des objets quelconques, véritable science générale des relations abstraites. Il montre que la théorie du contenant et du contenu a une portée universelle, qu'elle est également applicable à la logique et à la géométrie, et qu'elle fait partie de la science générale des combinaisons : il pose ainsi le principe de la logique algorithmique des modernes. Cette relation d'inclusion n'est du reste qu'une des relations mathématiques étudiées par Leibniz, les autres sont : l'identité ou la coïncidence, la détermination, la congruence, la similitude, la relation de tout à partie, l'égalité et l'inégalité, la continuité, le changement, la situation et l'extension. L'algèbre classique est

fondée sur la seule relation d'égalité : à côté d'elle, notre philosophe fait place à d'autres algèbres fondées sur les diverses relations, en sorte que la mathématique universelle devient une véritable logique formelle, et la logique devient une " algèbre universelle ". De toutes les algèbres spéciales qui la composent, Leibniz n'a du reste essayé d'en élaborer que deux. C'est, d'une part, le calcul logique, théorie de l'identité et de l'inclusion, qui s'applique à la logique et à la géométrie ; d'autre part, un calcul géométrique directement adapté à l'étude des figures et comprenant principalement les théories de la congruence et de la similitude. Ce sont deux applications de la caractéristique.

Leibniz a ébauché jusqu'à trois systèmes de calcul logique ; mais il n'en a réellement fait aboutir aucun. Après une étude minutieuse, M. Couturat résume ainsi les résultats obtenus : " Leibniz a eu l'idée (plus ou moins précise, plus ou moins fugitive) de toutes les opérations de la logique, non seulement de la multiplication, de l'addition et de la négation, mais même de la soustraction et de la division. Il a connu les relations fondamentales des deux copules, à savoir :

$$(a < b) = (a = ab) = (ab' = 0).$$

" Il a trouvé la véritable traduction algébrique des *quatre* propositions classiques, et cela sous ses deux formes principales :

U. A. : Tout a est b :	$a = ab,\ ab' = 0.$
U. N. : Nul a n'est b :	$a = ab,\ ab = 0.$
P. A. : Quelque a est b :	$a \mathrel{=\!|\!=} ab',\ ab \mathrel{=\!|\!=} 0.$
P. N. : Quelque a n'est pas b :	$a \mathrel{=\!|\!=} ab,\ ab' \mathrel{=\!|\!=} 0.$

" Il a découvert les principales lois du calcul logique, notamment les règles de composition et de décomposition. Enfin il a très nettement conçu la double interprétation dont ce calcul est susceptible, suivant que les termes représentent des concepts ou des propositions, et le parallélisme remarquable qui en résulte entre les propositions primaires et secondaires. "

Si néanmoins il n'a pu constituer définitivement la logique algorithmique, comme Boole l'a fait un siècle et demi plus tard, cela paraît tenir principalement à ce qu'il s'est trop attaché à la considération confuse et vague de la compréhension, tandis que Boole a fait reposer sa logique sur la considération exclusive de l'extension, seule susceptible d'un traitement mathématique.

Quant au calcul géométrique, on en trouve l'idée indiquée

dans les termes suivants dans une annexe à une lettre à Huygens du 8 septembre 1679 : " Mais apres tous les progres que j'ay faits en ces matieres, je ne suis pas encore content de l'Algebre, en ce qu'elle ne donne ni les courtes voyes, ni les plus belles constructions de Géométrie. C'est pour quoy... je croy qu'il nous faut encor une autre analyse proprement géométrique linéaire, qui nous exprime directement *situm*, comme l'algèbre exprime *magnitudinem* ".

Treize ans après, il en parle à peu près dans les mêmes termes au marquis de L'Hospital ; mais jamais il n'a amené à terme ce calcul géométrique : on en trouve seulement quelques " échantillons " (le mot est de lui) épars dans divers fragments et brouillons, dont une bonne part est du reste consacrée à la critique de la géométrie analytique et de la géométrie synthétique. Nous devons avouer que Leibniz nous paraît beaucoup moins précis quand il s'agit de donner une idée de son *Analysis situs ;* parfois cependant il semble bien entrevoir la géométrie projective, telle que l'a constituée Staudt : " Revocabo omnia ad rectarum ductus... Nihil calculi hic miscebo, imo nec de magnitudinibus, summis, differentiis, rationibus rationumque compositionibus, aut potentiis aut summis, cæterisque quæ communia sunt arithmeticæ et geometriæ, sed solis punctis, rectis, angulis, intersectionibus, contactibus, motibus sum locuturus, ostendamque quo modo expressiones calculares vel mixtæ ad lineares revocentur (1) ". Seul le mot " motibus " serait à retrancher, puisqu'en géométrie projective une figure ne peut être déplacée.

Relevons aussi une définition de caractère abstrait et logique du *point* : c'est le lieu dont aucun autre lieu ne peut faire partie, définition à caractère réciproque car si un lieu X est tel que tout lieu Y qu'il contient coïncide avec lui, ce lieu X ne peut être qu'un point. L'espace est le lieu de tous les points, et de même toutes les figures sont conçues comme des ensembles de points.

Voulant faire la théorie de la similitude, Leibniz remarque qu'on ne peut la définir par l'identité de forme, car ce serait définir *obscurum per obscurius*. Sont semblables, dit-il, les choses qui sont indiscernables quand on les considère séparément ; c'est la grandeur qui distingue les choses semblables. De cette définition il déduit sans peine de nombreux théorèmes.

(1) *Linguæ philosophicæ specimen in geometria edendum* (1680).

C'est elle qui donne son sens aux définitions de la droite et du plan : " Recta est linea, cujus pars quævis est similis toti ; — superficies in qua pars similis toti ". Le cercle et l'hélice, la sphère et le cylindre sont des lignes et des surfaces *uniformes*, dont toutes les parties sont égales, mais non semblables comme celles de la droite et du plan : on reconnaît la distinction de l'isogénéité et de l'homogénéité que devait retrouver Delbœuf.

Ne sachant jamais se tenir à un seul point de vue Leibniz définit aussi un plan comme une section d'un solide qui se trouve dans le même rapport à l'égard des deux côtés ; une droite comme une section du plan qui se trouve dans le même rapport à l'égard des deux côtés : c'est la propriété de retournabilité, qui a un caractère métrique. Il développe du reste non sans originalité la géométrie métrique, ainsi que le montrent les considérations suivantes. Deux systèmes de deux points sont congruents ou également distants (sans définition de la distance) quand, les deux points de chaque système faisant partie d'un continu quelconque, on peut amener les deux systèmes en coïncidence l'un avec l'autre. Ainsi on pourra définir la sphère comme le lieu des points à même distance d'un même point sans qu'on connaisse la droite ni la mesure des distances. Un cercle sera le lieu des points dont les distances à deux points sont les mêmes que celles de l'un d'eux. Si celui-ci est unique, il est sur la droite des deux points, qui se définit comme le lieu des points uniques de situation avec deux points donnés. Le plan est le lieu des points équidistants de deux points donnés (1). Tout cet exposé géométrique dont nous n'indiquons que quelques points est du plus haut intérêt : mais Leibniz n'en a pas moins échoué dans sa tentative de création d'un calcul géométrique, car en s'appuyant finalement sur la congruence il est retombé sur une géométrie analytique, *bipolaire* dans le plan, *tripolaire* dans l'espace.

Pour inventer un calcul géométrique, il lui eût fallu prendre pour éléments, non des grandeurs, mais des points et considérer la droite et le plan comme les *produits* de deux et de trois points, la droite et le point comme le produit des deux ou trois plans dont ils sont les intersections : ainsi serait-il arrivé au *Calcul de l'extension* de Grassmann.

(1) Lobatchefsky a retrouvé presque exactement ces mêmes idées (voir ses *Nouveaux principes de la géométrie avec une théorie complète des parallèles*, traduits par M. F. Mallieux, Bruxelles, 1901).

On voit comment toutes ces tentatives infructueuses de Leibniz tendaient à enfanter trois découvertes qui n'ont su se réaliser qu'au XIXe siècle, la logique algorithmique, la géométrie projective et le calcul de Grassmann. Ce qui, au premier abord, peut sembler un vain piétinement, apparaît ainsi comme de géniales intuitions qui grandissent encore l'inventeur du calcul infinitésimal.

G. Lechalas.

XII

Spiritualité et Immortalité, par V. Bernies, docteur en théologie, docteur-agrégé en philosophie. — Un vol. in-8° de 493 pages. Paris, Bloud, 1901.

Ce livre est une bonne œuvre : œuvre de raison — et de foi, ajouterions-nous volontiers, n'était la crainte de donner prise à une équivoque trop accréditée en certains milieux. M. Bernies a été bien inspiré : à cette foule d'esprits plus ou moins désemparés que présente l'élite intellectuelle de nos contemporains, victimes de l'hypercriticisme ou de l'habitude trop exclusive du raisonnement " matériellement „ expérimental, il valait la peine de rappeler en la justifiant une argumentation — traditionnelle, malheureusement — mais, pour qui daigne l'examiner sans parti-pris, merveilleusement compréhensive des tendances humaines, fort respectueuse de l'unité comme de la complexité du " moi „, ... et pour le moins aussi fondée que les constructions divergentes.

Œuvre apologétique ? Eh ! oui, puisqu'aussi bien la vraie apologétique n'est souvent qu'un rappel à la saine raison ; mais apologétique *rigoureusement* rationnelle et s'offrant avec assurance à la critique loyale des esprits les plus exigeants.

Sécheresses syllogistiques alors ? Point du tout. L'auteur manie une plume très souple ; il serait plus exact de dire : l'auteur a deux plumes qu'il échange prestement. En ses pages, la forme précise et serrée du raisonnement alterne avec l'effusion, le lyrisme, la couleur, ... un grain de coquetterie littéraire.

La critique d'un bon livre est une méchante besogne, car la part de copie qu'absorbent inévitablement de légères réserves dépasse infiniment leur portée relative. Qu'au moins la franchise

de celles-ci donne un poids spécial aux éloges — dont nous serions désolé, en cette occurrence, de paraître ménager.

Il y a plusieurs manières de traiter les questions fondamentales de philosophie ; d'abord la manière un peu étroite des manuels : marche rectiligne, sans souci d'éclairer les à-côté de la route suivie ni d'ouvrir des avenues latérales ; ensuite la manière plus large des esprits réfléchis, que la preuve directe ne satisfera pleinement qu'après examen consciencieux de ses mille anastomoses avec les faits et les systèmes avoisinants : si l'on n'a pas réponse certaine aux " comment „ qui surgissent à chaque pas, du moins veut-on ses apaisements sur les conditions de possibilité de cette réponse. Et nous devons féliciter M. Bernies d'avoir fait droit dans une mesure raisonnable à ces légitimes exigences. Mais ce point de vue, inévitable lorsqu'on s'adresse à un public passablement affiné, comme en suppose le livre que nous analysons, aggrave fort le fardeau de l'apologiste : la subtilité même de sa méthode la condamne à un fini, à une impeccabilité plus absolue, et la rend passible d'une critique, qui autre part pourrait sembler chicanière.

Reprocherons-nous à M. Bernies sa fidélité à l'argumentation traditionnelle et scolastique ? Bien au contraire. De rester au-dessus de cette mode trop générale qui donnerait à l'originalité le pas sur la vérité elle-même, c'est à notre sens de l'originalité encore et de meilleur aloi ; mais de s'assimiler la pensée ancienne avec assez de critique pour en dégager la moelle de vérité, de la retoucher avec assez de délicatesse pour l'harmoniser — sans la défigurer — avec la nuance spéciale du langage et du penser moderne, ce n'est pas œuvre banale, tant s'en faut.

A voir dans cet ouvrage l'idée fondamentale si pleinement saisie et le plan d'argumentation si bien compris puisqu'il est en maint endroit si nettement tracé, on se prend à regretter que le développement laisse parfois en l'esprit je ne sais quelle gêne, quelle confusion. Un exemple entre autres. Une fois constatée expérimentalement l'existence en moi d'un phénomène intrinsèquement immatériel, comme l'universel, je suis fondé à conclure à l'immatérialité du substratum et de la cause de ce phénomène. Il faudra donc au préalable prouver l'irréductibilité de l'universel à la sensation et à l'image, c'est-à-dire au fond son immatérialité : vais-je, entre dix raisons excellentes, glisser l'antinomie du caractère matériel de l'image et du caractère immatériel de l'universel?... Imperfection de méthode, peccadille logique, qu'ici

les circonstances rendent inoffensive, mais qui déroute momentanément le lecteur ; car après tout si l'on tient dès l'abord une connaissance " immatérielle ou immatérialisée ", pourquoi attendre 150 pages la preuve directe de la spiritualité ? L'auteur nous pardonnera de livrer simplement notre impression : nous souhaitons aux paragraphes 2 et 3 du chapitre premier de nombreux lecteurs qui ne la partagent pas.

Cette remarque en appelle une autre, de portée plus générale. Quand donc définira-t-on une bonne fois les termes " matériel " et " spirituel " ? Car enfin je sais bien que l'on conçoit le *spirituel* par " exclusion de la matière et de la dépendance intrinsèque de la matière ", mais cette *matière*, nous ne la connaissons pourtant que par ses propriétés perceptibles. Se confondra-t-elle par définition avec l'objet même de la sensation? ou bien cherchera-t-on dans cet objet multiple une caractéristique commune ? Et cette caractéristique, quelle sera-t-elle? L'état " concret " ? Équivoque. Si le " concret " signifie seulement l' " individuel " par opposition à l' " abstrait ", il n'y a que peu de chose à en tirer dans la question présente. Le " concret " serait-il l' " étendu " ou ce qui se greffe sur l' " étendu " ? Peut-être bien est-ce là une marque plus " distinctive " : et alors tels chapitres de scolastique sur le mode d'inhérence des accidents et sur l'individualisation dans l'ordre physique auraient des profondeurs qu'il serait opportun d'explorer à nouveau. Quoi qu'il en soit, voyez les conséquences d'une définition plus précise de la *matière*, dans le problème de la spiritualité de l'âme. Appelez-vous *matière* tout objet de sensation, ou si l'on veut, tout substratum de qualités sensibles ? L'existence prouvée de l'universel abstrait vous permettra de conclure à l'existence de facultés psychiques, supérieures aux sens et à l'imagination, immatérielles *en ce sens*. Reconnaissez-vous la *matière* à son caractère d'étendue ? L'existence constatée de l'abstrait inétendu exigera une cause inétendue, un support inétendu, immatériel *en ce sens*. La conclusion maximum sera donc l'existence dans l'homme d'un principe supra-organique, inétendu,... disons même substantiel, car, étant donnée la conscience du " moi " librement agissant, il faut, pour mettre en doute la substantialité de l'individu, s'être fait d'une " inhérence ", d'un " phénomène ", d'une " faculté ", un concept absolument contradictoire.

Et puis ?... Le terrain conquis est certes de dimensions fort respectables ; malheureusement, on veut en le traversant aboutir à l'immortalité naturelle de l'âme : or, s'il permet de pousser

assez avant pour la pressentir, nous doutons qu'il s'étende tout à fait jusque-là. Immortalité naturelle suppose simplicité essentielle. Resterait donc à démontrer que la *composition essentielle* — et il paraît bien que la seule imaginable est l'union d'un " acte " et d'un élément potentiel en une même substance — est naturellement incompatible avec le supra-organique, l'inétendu ; en d'autres termes, il faudrait montrer que la composition substantielle, comme telle, entraîne nécessairement l'étendue ou la qualité d'objet sensible. Nous avouons ne pouvoir attribuer sur ce point à la preuve scolastique que vraisemblance ou probabilité.

Est-ce à dire pourtant que la doctrine traditionnelle de la simplicité essentielle de l'esprit manque de confirmations indirectes? ou prétendrons-nous que, tel quel, l'argument " ontologico-subjectif " n'apporte pas un étai solide et un complément fort précieux à l'argument " téléologique "? Loin de là : M. Bernies, croyons-nous, a vu juste. Nous souhaiterions seulement que les philosophes chrétiens, puisqu'ils ont affaire à contradicteurs subtils, prissent soin de préciser scrupuleusement leurs positions.

Au reste, il est de ces conclusions, qui, sans avoir une certitude absolue puisqu'elles ne se ramènent pas évidemment au principe de contradiction, s'imposent néanmoins à l'esprit comme le point de convergence d'un grand nombre de faits, comme leur unique explication plausible. Elles empruntent à cette circonstance une sorte de certitude morale, insuffisante peut-être au point de vue strictement spéculatif, mais surabondante en comparaison de celle qu'en d'autres matières nous jugeons pratiquement suffisante. Et c'est le cas de plusieurs propositions attenantes à cette grande thèse de l'immortalité, propositions d'ailleurs d'un caractère plutôt explicatif.

Moins impérieusement s'imposent certaines vues, qui tiennent plus de la théorie, mais auxquelles leur emboîtement aisé dans l'ensemble des faits acquis et des vérités prouvées confère une valeur exceptionnelle. Le livre de M. Bernies fortifie, chez quiconque a un peu fouillé la scolastique, l'impression du fini architectural, de l'articulation solide et de la merveilleuse plasticité de ce système. Vraiment, on doit savoir gré à l'auteur de sa position franchement péripatéticienne dans le débat sur les rapports de l'âme et du corps : la solution scolastique apparaît de plus en plus comme la seule qui s'adapte aux données de l'expérience sans pécher contre la logique. L'occasion était belle de signaler au moins l'éclatant témoignage porté par l'analyse

idéologique en faveur de l'union substantielle. La dépendance étroite que le concept, dans sa genèse et dans son mode de représentation, manifeste vis-à-vis des données sensibles, projette sur cette mystérieuse conciliation de l'unité et de la dualité humaines des clartés qu'on ne peut trouver superflues. Nous regrettons que M. Bernies n'ait pas jugé à propos d'examiner plus minutieusement cette face du problème, d'autant plus qu'il eût été forcé par là de rendre plus fine encore et plus pénétrante l'analyse qui remplit ses premiers chapitres.

L'argument téléologique, qui couronne l'ouvrage, est brillamment enlevé. Nous craignons pourtant qu'un panthéiste raisonneur ne puisse contre la thèse faire flèche de telle ou telle expression cachant au fond une idée très juste. " S'il fallait faire tenir dans une formule l'universalité à la fois extensive et intensive de notre objectif idéal ou volontaire, nous aurions l'équation suivante : objectif universel (idée ou bien) = (indéfini extensif + indéfini intensif) ou l'absolu réel. „ — " S'il est vrai qu'il y a proportion nécessaire entre l'organe et la fonction ... nous pouvons exprimer nos pouvoirs psychiques supérieurs... par cette nouvelle formule : intellectualité ou volonté = indéfini intensif + indéfini extensif. „ — " Il ne faut rien moins que l'absolu réel pour égaler et déborder notre idéal, pour remplir nos capacités psychiques indéfinies dans tous les sens : extensivement et intensivement „ (pp. 236 et 240). Cet *indéfini intensif*, sans le correctif de quelques bonnes vieilles distinctions scolastiques — que l'auteur connaît certes très bien, mais que le lecteur a le droit d'ignorer — a quelque chose de vaguement inquiétant ; car enfin, si ma *capacité* de bonheur est *intensivement indéfinie*, de deux choses l'une : ou le bonheur parfait, la satiété m'est impossible, mon bonheur sera toujours " in fieri „ — et la base même de l'argument finaliste se trouve ébranlée ; — ou j'arriverai enfin à combler ma capacité indéfinie de bonheur, mais ce ne sera que par la possession adéquate de l'absolu, c'est-à-dire par mon identification complète avec lui. Je sais qu'on peut — en s'expliquant — échapper à cette alternative ; aussi la remarque ne porte-t-elle que sur une certaine ambiguïté des formules. L'entente d'ailleurs se fera forcément dans le sens de l'argumentation séculaire : l'universalité *extensive*, chez l'homme, de l' " idéal „, objet d'amour, nécessite comme seul moteur réel et adéquat de la volonté humaine l'*infini* ou l'*absolu* (bonheur *objectif* dans la terminologie scolastique), *mais* cet absolu possédé *de la manière* et *avec le degré*

d'intensité que permet la *capacité naturelle* de l'intelligence et de la volonté (bonheur *subjectif*). Le bonheur parfait suppose donc un objet infini, mais inclut forcément un élément fini et relatif en proportion avec la nature du sujet béatifié.

On prévoit le contre-coup de ces considérations sur la preuve finaliste de l'immortalité. Que Dieu soit le terme nécessaire, parce que seul adéquat, de la volonté humaine, il suffit, pour l'affirmer, que l'objet formel de notre psychisme supérieur soit *extensivement* universel ; mais le *mode* de la béatitude (degré de connaissance, de possession de Dieu) et sa *durée*, indéfinie ou limitée, sont conditionnés par l'*état de notre nature* au moment de sa béatification. C'est pourquoi, bien que l'argument téléologique complètement exposé se suffise à lui-même, nous attribuons, comme M. Bernies, très haute valeur à l'appoint de fortes présomptions — sinon de certitudes — fourni par les thèses de la spiritualité : toute lumière sur la nature de l'âme éclaire du même coup ses destinées.

Nous ne nous fussions pas attardé tellement à l'analyse de ce livre s'il nous avait inspiré moins d'estime pour le talent de son auteur. Il peut n'être pas inutile à un écrivain de recueillir les impressions diverses que son œuvre a provoquées : nous croyons avoir suffisamment traduit les nôtres... et les livrons à titre d'information.

H. L.

XIII

Cours de philosophie, par le P. A. Castelein, S. J. — Premier volume, *Logique*. In-8° de xiv-548 pp. — Bruxelles, Oscar Schepens et Cie, 1901.

Ce Cours de philosophie, paru en 1888, a été promptement épuisé. Depuis longtemps de nombreuses demandes de réédition étaient parvenues à l'auteur ; d'autres travaux l'avaient empêché jusqu'ici d'y donner suite. Il s'y décide aujourd'hui et en homme riche et généreux donne plus qu'on ne demandait. Dans son ensemble, le premier volume s'est accru d'un bon tiers. Nombre de chapitres ont reçu des développements considérables ; le plan général a subi une modification importante. La *méthodologie* qui dans la première édition n'était qu'un chapitre de la première

partie, forme maintenant une partie distincte, la troisième de l'ouvrage; elle couronne en les achevant les deux parties traditionelles : *logique formelle* et *critériologie*, division plus rationnelle dictée, croyons-nous, par des motifs d'équilibre et de proportion, la méthodologie prenant à elle seule 200 pages.

Le Cours de philosophie du P. Castelein est hors de pair. Attachement sincère à la tradition, originalité heureuse, variété et abondance de l'érudition, cela dans des champs très divers du savoir humain; lucidité de la pensée, expression toujours adéquate à cette pensée, bon sens pratique poussé à un degré invraisemblable chez un philosophe, voilà les mérites du livre. “ *Non scholae sed vitae discimus* „. Cet adage antique serait pour ce livre une excellente épigraphe. C'est bien la vie qui, dans les discussions de l'École, préoccupe le P. Castelein. Il s'inquiète peu, croyons-nous, de former des dialecticiens ou des philosophes de profession ; par contre, il se montre justement soucieux d'assurer à ses élèves une robuste santé intellectuelle ; il veut surtout leur inspirer cet esprit philosophique qui n'est autre chose que “ l'habitude d'observer, d'analyser et de raisonner en s'attachant toujours aux faits précis, aux idées claires, aux preuves concluantes „.

Une magistrale introduction détermine les qualités qui composent cet esprit “ sage indépendance, grande patience, continuelle prudence „. Beau programme, mais pour le réaliser, “ pour aguerrir et affermir l'esprit des élèves dans le viril exercice de la pensée „ une sèche énumération de règles et de préceptes ne saurait suffire : il faut des leçons de choses. Aussi, pas d'analyses trop subtiles, inutiles d'ailleurs au but visé par le distingué professeur du Collège de la Paix. Les thèses elles-mêmes ne sont que les conclusions du sens commun, mais d'un sens commun très éclairé. Les preuves présentent la belle manière nette et concise, un peu autoritaire, propre aux maîtres. L'originalité du livre réside dans une savante floraison d'exemples, commentaire vivant et suggestif de chacune des leçons. Tout en restant élémentaire, le P. Castelein excelle à découvrir les vices de logique cachés au fond des grands systèmes adverses ou servant de soubassement aux erreurs plus pernicieuses de l'ordre religieux, politique et scientifique. D'autres fois, l'histoire d'une grande découverte éclaire les règles des vraies méthodes. A cette école, l'élève doit acquérir très vite le sentiment infiniment précieux de la complexité des grands problèmes; il apprendra à les diviser, à les embrasser par leurs plus larges aspects,

il saisira la nécessité de multiplier, dans l'examen philosophique, les précautions, il ne séparera pas " la connaissance des faits de la science des principes, ni le respect de la tradition de la liberté d'examen personnel ". Et, disons le bien vite, les élèves ne seront pas seuls à profiter de cette lecture.

Signalons le chapitre des causes d'erreur réduites à sept. Il peut soutenir la comparaison avec les plus belles pages du " Criterio " de Balmès dont l'auteur semble s'être inspiré. C'est avant tout par les chapitres sur l'induction et la méthode des sciences naturelles que le livre relève de la Revue. Mais ces chapitres ont été analysés ici-même (juillet 1888). Nous n'y reviendrons pas. Ce serait méconnaître le sociologue qu'est le P. Castelein que de ne pas s'arrêter un instant devant son beau chapitre sur la méthode des sciences sociales. Aussi bien, l'on sent que l'auteur s'y est arrêté lui-même avec une secrète prédilection. Ce chapitre, vrai modèle d'exposition claire et nette, a presque doublé. On remarquera les articles consacrés à la différence entre faits historiques et faits sociaux, et la division de ceux-ci en qualitatifs, quantitatifs et mixtes. Toutefois, nous exprimerons un regret. Pourquoi parmi tant d'excellentes applications, cette réfutation du salaire familial absolu ? Certes, nous ne contesterons pas à l'auteur le droit d'avoir ses opinions, mais dans un livre de ce genre, étant donné le but proposé, n'importe-t-il pas de séparer, et le plus nettement possible, une méthode qui prétend être incontestable de doctrines qui sont tout au moins contestées ?

Nous voulons soumettre aussi au P. Castelein une autre observation qui marquera l'intérêt que nous portons à son ouvrage. La *Critériologie*, sous la forme actuelle, ralliera-t-elle tous les suffrages ? Ce qui frappe à première vue c'est la ressemblance fidèle, trop fidèle, avec les logiques d'il y a cinquante ans du P. Liberatore et des autres restaurateurs de la philosophie scolastique. Même fond, même cadre, mêmes divisions et... mêmes adversaires. Nous avons cherché, sans le trouver, le point de vue nouveau. Ce n'est pas à dire que nous en voulions à la doctrine du P. Castelein, ni que nous supprimerions les réfutations de Beautain, de Galuppi, etc. Les controverses avec ces philosophes, aujourd'hui oubliés, ont précisé sur plus d'un point les théories critiques des nouveaux scolastiques ; c'est une raison suffisante pour en garder le souvenir, car nous ne pensons pas que la philosophie doive se comprendre en dehors de son histoire. Seulement, nous aurions voulu que l'élève fût mieux renseigné

sur les adversaires d'aujourd'hui. C'est contre ceux-là de préférence que doit l'armer sa philosophie. Le P. Castelein répondra sans doute que l'erreur n'a fait que rajeunir et changer de forme, que les vérités de la philosophie traditionnelle n'ont pas vieilli et sont encore aujourd'hui une arme suffisante. Et vraiment, nous en tombons d'accord, mais ne faut-il pas savoir reconnaître l'erreur sous son déguisement nouveau et cette reconnaissance ne suppose-t-elle pas un travail d'adaptation dont trop souvent l'élève demeurera incapable ? Et puis, un peu d'érudition philosophique a bien son prix ; le souci de " ne pas substituer le travail de la mémoire au travail de la réflexion " est peut-être poussé trop loin.

Espérons que dans une 3e édition le P. Castelein corrigera ce léger défaut qu'on ne remarque pas dans les autres parties du Cours, la *Psychologie* et la *Morale*.

Ajoutons que le livre n'est pas seulement d'un théologien, d'un philosophe, d'un savant ; il est, ce qui ne gâte rien, d'un écrivain. Tant de titres expliqueront la décision des juges les plus compétents qui ont voulu voir dans le Cours du P. Castelein l'œuvre, en son genre, la plus parfaite que nous possédons.

P. S.

XIV

Cours d'économie politique professé a l'École nationale des ponts et chaussées, par C. Colson, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, Conseiller d'État. — Tome I. Exposé général des phénomènes économiques. Le travail et les questions ouvrières. Un vol. in-8° de 596 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Les deux livres de ce tome nous paraissent être en réalité deux volumes distincts, qui doivent à l'harmonie de leurs dimensions plus qu'à leur ressemblance interne la chance — si chance il y a — de voir ensemble le jour.

Le premier, *Traité général,* est destiné à nous apprendre comment, à l'École nationale des ponts et chaussés, on dit aux futurs ingénieurs de l'État français ce que cent manuels d'économie politique disent plus ou moins heureusement à tout le monde.

Nous y trouvons exposés, en huit chapitres, *Les caractères essentiels de l'économique politique — La production, la propriété et l'échange — L'organisation de la production et la répartition des produits — La circulation des richesses, le commerce, la production et la colonisation — La consommation — La théorie de la valeur et des prix — Le rôle de l'État — Le progrès économique.*

On le voit, c'est le programme habituel, que M. Colson s'excuse d'oser, sans être économiste de profession, dérouler devant nous, au risque de faire œuvre ancienne et aride. Il nous signale cependant ce triple élément d'intérêt, emprunté à ses propres connaissances ou aux besoins spéciaux de ses lecteurs ou auditeurs : l'originalité du point de vue, l'usage courant des représentations graphiques, des renseignements généraux, puisés, par delà les frontières économiques, aux sources des sciences voisines et présentés dans un langage intelligible pour tous.

Ce traité, qui pourrait faire un tout par lui-même, n'est, dans le plan du savant ingénieur, qu'une vaste introduction, sorte de vestibule commun, construit pour éclairer cinq appartements réservés *Au travail et à la question ouvrière — Au capital et aux agents naturels — Au commerce et à la circulation — Aux finances publiques, notamment aux finances françaises — Aux travaux publics et aux transports.*

Dans le second livre, qui forme l'autre moitié du présent tome, nous pénétrons avec M. Colson dans le premier de ces appartements. Nous l'y suivons bien volontiers, attiré par l'enseigne de la *Question ouvrière*, et par l'annonce de six chapitres qui abordent les problèmes les plus intéressants de l'*Économie sociale*. Qu'on en juge par le plan (p. 254).

" En premier lieu, nous examinerons, plus en détail que nous n'avons pu le faire dans l'exposé de la théorie générale, l'influence que le mouvement de la population exerce sur les salaires; nous discuterons les théories opposées à celle que nous avons présentée sur la manière dont les richesses produites se répartissent entre le capital et le travail, et nous examinerons comment, en fait, l'effectif des travailleurs varie, par l'effet de la natalité, de la mortalité, de l'émigration et de l'immigration.

„ Ensuite, nous étudierons les diverses modalités suivant lesquelles le travailleur reçoit sa rémunération, selon les bases diverses adoptées pour le contrat d'association entre le travail et le capital : salariat proprement dit, participation aux bénéfices ou coopération.

„ Puis nous discuterons les mesures de police édictées dans l'intérêt des travailleurs, et les règles auxquelles le contrat de prestation du travail est ou peut être soumis, au point de vue soit des formes suivant lesquelles il est conclu, soit de la manière de trancher les litiges particuliers ou collectifs auxquels il donne lieu entre employeurs ou employés, soit des facilités de groupement ou d'entente que la loi accorde aux uns ou aux autres, soit enfin des clauses relatives à la durée du travail journalier et au taux de sa rémunération.

„ Nous passerons en revue les remèdes divers qui ont été imaginés pour mettre les familles ouvrières à l'abri de la misère, lorsque le produit du travail de leurs membres ne suffit pas à les faire vivre, d'abord sous forme d'assurances facultatives ou obligatoires — puis sous forme d'assistance publique ou privée.

„ Nous terminerons en cherchant à donner une idée de la manière dont la situation générale des classes ouvrières s'est modifiée au cours du XIXe siècle, ainsi que de la réelle amélioration dont elles ont bénéficié, et en résumant les mesures qui paraissent propres à activer encore le progrès dans ce sens. „

Malgré les développements de ces études spéciales, la préface (p. 4) nous avertit, qu'on a dû, faute d'espace et de temps, sacrifier à regret des développements non essentiels ; choisir parmi les définitions usitées sans rendre compte de la préférence ; se borner à quelques traits principaux pour caractériser les différentes écoles; produire des statistiques sans en discuter les bases ; conclure enfin après des débats très sommaires.

M. Colson, on le voit, est sincère et modeste. Nous l'en félicitons vivement et tâcherons de l'imiter dans notre appréciation.

Son premier livre, sans se distinguer par quelque mérite saillant, vaut beaucoup d'autres traités produits par cette école libérale modérée, à laquelle notre écrivain ne saurait nier appartenir. Plus d'un lecteur s'attendra peut-être à une originalité plus marquée, à des représentations graphiques plus nombreuses : le désir d'être bref et complet aura nui sans doute à l'abondance et à la spécialisation. Exception doit d'ailleurs être faite pour la théorie de la concurrence libre ou limitée, qui est très riche de détails. Nous nous plaisons ensuite à accorder notre suffrage au chapitre V, *De la consommation* et à l'exposé des lois de la demande.

Le second livre, ou si l'on aime mieux, le volume spécial, l'emporte de beaucoup sur le premier. C'est là que nous reconnaissons à l'auteur ce grand mérite de s'être " appliqué surtout

à montrer les liens qui existent entre les divers phénomènes économiques, et les nombreux points de vue à examiner à propos de chaque question (p. 4). „ Pour tel problème d'ailleurs, celui des assurances, par exemple, les connaissances mathématiques de l'ingénieur ont dû admirablement le servir. Il nous met bien justement en garde contre des vues superficielles ; et la lecture attentive de ces pages sera une leçon d'utile prudence, pour ceux qui seraient tentés de se laisser prendre aux apparences spécieuses des réformes hâtives ou de se jeter de confiance dans les bras d'un État à tendances socialistes.

Mais les ingénieurs auxquels ce cours est donné sont-ils bien exposés à ces tentations? Ne les accuse-t-on pas de trop ignorer leur rôle social; et n'auraient-ils pas plus besoin d'impulsion que de frein ? Pour notre part, nous craignons que ce livre ne les confirme dans la facile attitude de l'abstention. L'œuvre sociale ne s'accomplira-t-elle pas d'elle-même, par le libre jeu de ces lois économiques contre lesquelles on déclare ne pouvoir rien ou peu de chose ?

Car, il faut bien le reconnaître, cet ouvrage n'échappe pas aux critiques qu'encourt habituellement l'école libérale.

La théorie, fidèle écho des vieux errements de cette école, s'inspire trop de la considération abstraite d'un homme exempt d'erreurs et de méprises, soustrait à toutes les influences qui, en dehors d'une préoccupation économique, sont capables d'agir sur lui. Sans doute, la fin de certains chapitres, du sixième par exemple, contient d'heureuses atténuations qui prouvent une certaine vue de la réalité concrète. Mais ces remarques après coup font l'effet de pièces cousues sur un habit tout fait, alors qu'elles en auraient dû influencer la forme et la façon.

L'optimisme libéral de notre auteur se refuse à reconnaître dans un adulte l'incapacité et la faiblesse qui réclament une protection ; et il repousse comme illégitime la réglementation du travail même de la femme.

L'intervention législative n'est nullement prouvée inutile ou superflue, par là même qu'on lui dénierait justement une influence permanente. Une action neutralisée à la longue peut avoir dans l'entretemps paré à des embarras transitoires, enrayé nombre d'abus, soulagé bien des maux. Or quand l'homme est en cause, les souffrances même passagères méritent considération. Chaque plainte, chaque cri d'angoisse ou de détresse est digne d'être entendu. Pour reprendre la comparaison que l'auteur trouve ingénieuse (p. 201), il ne suffit pas ici de connaître le niveau

théorique autour duquel les flots de la mer oscillent, mais nous devons nous inquiéter de ceux qui risquent d'être submergés par les écarts. Et demande-t-on d'ailleurs à la loi d'élever des digues pour violenter un courant naturel ? Ne s'agit-il pas plutôt de le canaliser pour le régulariser et en empêcher les débordements accidentels ?

Très versé dans les sciences mathématiques, M. Colson paraît l'être moins dans la philosophie. Bien faibles à coup sûr, ses démonstrations de la propriété et du droit d'hérédité ; et (p. 40) l'objection des socialistes ne trouve pour réponse qu'un faux-fuyant.

Il est vrai qu'il est difficile de faire mieux, quand on évite de prononcer même une fois le nom de Dieu. Voyez où mène cette mutilation systématique de la morale. Honnête homme, M. Colson retient une morale, un droit naturel dont, bien justement, il impose le respect au législateur lui-même (p. 207). Mais, Dieu mis de côté, ce devoir du législateur n'est plus, dans l'explication, que celui de " s'inspirer quand il légifère des lumières de la raison, des idées dominantes parmi les hommes cultivés, des usages et des habitudes de la nation „. N'est-ce pas là, plutôt qu'une morale *naturelle*, une morale *à la mode ?* Mais cette mode, qui empêche de la faire varier ?

Les doctrines Malthusiennes sont réprouvées dans ce livre; mais hélas ! non pas comme immorales, mais comme inutiles. Et, sans souci de la moralité des moyens, M. Colson trouve aussi peu vertueux " de se laisser aller à engendrer, fût-ce en légitime mariage, des enfants qu'on est hors d'état de nourrir, que de se refuser par égoïsme à contribuer à la perpétuité de l'espèce (p. 300) „.

Nous regrettons beaucoup d'avoir à le dire : la religion semble plus étrangère encore à l'auteur que la philosophie ; et cette ignorance, peut-être aussi le souci — naturel chez un fonctionnaire — d'une neutralité en faveur, l'ont rendu, à son insu, nous aimons à le croire, injuste et partial au détriment de la foi catholique. Les inconséquences d'un libéralisme franc-maçonnique ou sectaire ne lui dictent aucune protestation. Lui, si adversaire de l'intervention de l'État, il transforme l'enseignement en service public et paraît ainsi pencher vers le monopole universitaire. Au nom des principes libéraux, il refuse à l'État de contrarier la tyrannie syndicale (p. 383), de s'inquiéter du travail des femmes (p. 395) ; mais dans une allusion à la loi Waldeck-Rousseau, il semble admettre, que les œuvres religieuses " puissent être à

juste titre soumises à des restrictions contraires aux principes généraux du libéralisme (p. 524) „.

L'école sociale chrétienne aussi méritait mieux que cette petite mention qui en est faite sous une rubrique générale qu'elle répudie : celle de *socialisme chrétien* (p. 28).

Mais par dessus tout, si, comme Français et homme de science, l'auteur s'était donné la peine de connaître d'un peu plus près cette religion de ses ancêtres, dans laquelle vraisemblablement lui-même est né et dont en définitive il confesse l'action bienfaisante (p. 524), il aurait vu dans le mobile religieux plus qu'un simple déplacement de l'intérêt individuel, et reconnaîtrait aux actes qu'il inspire mieux que l'apparence de la générosité (p. 19). Une espérance sublime cesserait d'être confondue par lui avec un égoïsme étroit ; et lors même qu'il voudrait n'admirer qu'une action dégagée de l'intérêt le plus légitime, il comprendrait que la religion lui en fournit dans le Christ souffrant le plus bel exemple, et le plus puissant stimulant, dans son grand précepte d'aimer.

A. V.

XV

Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire. — I. Le vin, par H. Astruc, ingénieur agricole. — II. Analyse des matières grasses, par Georges Halphen, chimiste en chef au Ministère du commerce. — III. Mesures électriques. *Essais industriels*, par Eug. Vigneron, Ingénieur. — In-8°. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

I. — Cet Aide-Mémoire, au courant des dernières découvertes de la science œnologique, condense en un petit nombre de pages la matière essentielle des gros volumes déjà publiés sur la fabrication du vin. L'auteur s'est efforcé d'y faire marcher de pair la pratique et la théorie, celle-ci éclairant celle-là, et de mettre en lumière les *nouveaux* procédés *industriels* qui permettent d'obtenir un bon vin rouge ou blanc de consommation courante avec la majorité des vendanges.

La première partie, surtout statistique, concerne l'état actuel et l'avenir de l'industrie vinicole, particulièrement en France. L'auteur examine dans des chapitres successifs la composition

et les corrections possibles de la matière première, le matériel et les instruments.

M. Astruc expose ensuite la mise en œuvre de cette matière première et de ce matériel, depuis la cueillette jusqu'au décuvage du vin fait : il donne en quelques pages les *notions théoriques nouvelles* qui peuvent intéresser la fermentation vinique et contenter la curiosité scientifique du lecteur à son sujet.

La composition, l'examen, les traitements et la conservation du produit, l'étude des maladies des vins, les pratiques spéciales à la vinification en blanc et à l'obtention des vins spéciaux, occupent les derniers chapitres du volume. L'auteur termine en indiquant les différents moyens d'utiliser les sous-produits de la vinification de manière à retirer pratiquement de la viticulture un rendement-argent maximum.

Cet Aide-Mémoire sera certainement consulté avec fruit et à tout instant par ceux qui s'occupent du vin à n'importe quel point de vue, tant producteurs qu'industriels, négociants ou chimistes.

II. — Il n'y a pas beaucoup d'années que les chimistes disposent, pour l'examen des corps gras, de procédés vraiment scientifiques empruntés les uns aux propriétés physiques, les autres à la composition chimique des différentes substances, et que, grâce à eux, il est possible d'aborder fructueusement l'étude d'un certain nombre de questions analytiques.

C'est pourquoi l'on chercherait vainement dans la littérature scientifique française un ouvrage qui, coordonnant les progrès accomplis, les présente sous leur forme la plus générale en montrant tout le profit que l'on peut retirer de leur application.

Celui que M. Halphen publie aujourd'hui marque un pas dans cette voie et possède de ce fait une originalité indiscutable.

Conçu dans un but essentiellement pratique, ce livre, qui est le résumé des conférences faites par l'auteur à l'Institut Pasteur, constitue un véritable guide pour l'analyse des corps gras, dans lequel on trouve, à côté de sobres mais suffisantes notions théoriques, d'abondants renseignements pratiques et de très nombreuses données sur les constantes des principaux corps gras usuels.

III. — Ce volume forme la deuxième partie du travail entrepris par l'auteur pour décrire, d'une façon complète, les derniers

perfectionnements apportés dans les méthodes et les appareils de mesures électriques.

La première partie avait été consacrée exclusivement aux mesures dites *de laboratoire*. Dans ce second livre, l'auteur a surtout étudié les appareils de contrôle relatifs aux machines. Pour ne rien omettre, il a été amené à parler de quelques autres systèmes de mesures, mécaniques ou autres, dont l'usage est courant dans les installations électriques. L'auteur s'est adressé principalement à l'Ingénieur. Il a donné en toutes occasions les conseils du praticien expérimenté et a indiqué les exigences qu'on est en droit d'imposer dans les cahiers de charges et les essais d'arbitre ; il a insisté, par contre, sur la nécessité et les moyens de simplifier certains contrats.

Cet ouvrage sera un guide des plus précieux pour les Ingénieurs et les Experts qui s'occupent de l'industrie électrique et en suivent de près les progrès.

X.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE.

—

Les fossiles jurassiques des Indes Orientales. — Des observations géologiques d'importance capitale viennent d'être faites, dans le groupe des Moluques, par M. Boehm (1).

Au cours d'un voyage en Australasie, ce savant a d'abord vérifié l'existence, dans l'île Bourou, d'un calcaire rouge contenant des *Aptychus*, d'âge jurassique supérieur, et déjà mentionné par M. Martin.

Ensuite, en visitant avec soin toutes les collections recueillies en divers points des Indes Orientales, il a reconnu un certain nombre de faits intéressants, dont les principaux résultent de l'examen des échantillons réunis à Buitenzorg (Java), par M. Verbeek.

Tout d'abord, ces échantillons tranchent d'une façon définitive la question des dépôts jurassiques de l'île de Rotti, près de Timor. On sait que M. Rothpletz avait reconnu, dans un lot de fossiles rapportés de Rotti, où M. Wichmann les avait recueillis parmi les éjections d'un volcan de boue, des bélemnites et des ammonites appartenant les unes au lias, les autres au jurassique moyen.

Ultérieurement, l'authenticité de ces récoltes avait été mise en doute, et quelques géologues s'étaient demandé s'il n'avait pas été fait confusion entre les collections de Rotti et d'autres provenant d'Europe.

(1) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1900, 1901.

Or, M. Verbeek possède, de ces parages, de nombreuses bélemnites, parmi lesquelles le *Belemnites Gerardi* du dogger de l'Inde, plusieurs ammonites des genres *Phylloceras*, *Harpoceras*, *Coeloceras*, enfin un *Macrocephalites macrocephalus* qui permet d'affirmer l'existence du callovien, représenté par une argile ferrugineuse.

D'autre part, l'île de Mangoli (ou Mangola), à l'est de Célèbes, a fourni, aussi dans une gangue argilo-ferrugineuse, des *Stephanoceras Humphriesi* et *Sphæroceras Brongniarti*, du bajocien, offrant absolument le même aspect que les fossiles européens du même horizon.

Enfin, dans l'île de Taliabo, les collecteurs de M. Verbeek ont recueilli le même *Stephanoceras Humphriesi*, avec des bélemnites très voisines de *Belemnites Gerardi*.

C'est à M. Wichmann que revient le mérite d'avoir provoqué ces recherches, dont l'idée lui avait été suggérée par la lecture d'une relation de voyage, vieille de deux siècles, et due au hollandais Rumphius. Ce dernier mentionnait la présence, dans les îles en question, de corps fossiles qui ressemblaient à des *doigts pétrifiés*.

Après avoir déterminé les espèces en la possession de M. Verbeek, M. Boehm conçut le dessein de reconnaître les gisements en place. La chose était difficile, la navigation dans ces parages étant périlleuse à cause des coraux, et les îles fossilifères étant complètement inhabitées. Cependant M. Boehm réussit dans son entreprise, et une lettre de lui annonce qu'il a pu reconnaître une série de gisements, qui s'échelonnent depuis l'oxfordien jusqu'au lias, sans compter une formation plus ancienne de calcaires gris à *Athyris*, lesquels, par un grès semblable au grès bigarré, reposent sur des schistes argileux de type archéen.

De plus, dans les îles Taliabo et Mangoli, la présence du crétacé inférieur paraît certaine, ainsi que celle du jurassique supérieur, grâce à des ammonites des genres *Aspidoceras*, *Perisphinctes*, *Holcostephanus* et *Hoplites*.

M. Boehm n'a encore pu donner sur ces trouvailles que des indications très sommaires, et sans doute l'examen détaillé des échantillons procurera de nouveaux et précieux enseignements. Mais déjà, en rapprochant ces faits de la découverte récente du lias supérieur fossilifère à Bornéo, ainsi que du callovien en Nouvelle-Guinée, on peut apprécier dans quelle large mesure doivent être modifiées les idées qu'on se faisait autrefois de la géologie des Indes Orientales. Le temps n'est pas encore bien

éloigné où Neumayr admettait l'existence d'un continent *sino-australien*, par lequel, à l'époque jurassique, la terre asiatique se fût prolongée d'une façon continue de l'intérieur de la Chine jusqu'en Nouvelle-Zélande.

Or, il est prouvé maintenant que la mer, passant sur l'emplacement de l'Himalaya, se poursuivait à travers les îles de la Sonde jusqu'en Nouvelle-Guinée, séparant le continent chinois de la terre australienne, alors sans doute reliée à l'Hindoustan.

La Terre de l'Angara. — Cette conséquence est encore accentuée par les lumières nouvelles que nous apporte une connaissance plus approfondie de la géologie des terres sibériennes.

L'année dernière, il a été question dans la Revue des importantes trouvailles faites en Russie, sur les bords de la Dwina, et qui avaient abouti à la découverte de dépôts permiens d'eau douce, où l'on trouvait la même flore et les mêmes reptiles que dans les terrains de l'Afrique australe et de l'Hindoustan, formant l'ancienne terre de Gondwana de M. Suess. Les conditions physiques de cette terre n'étaient donc aucunement spéciales aux latitudes tropicales et australes, mais avaient dû régner au même moment sur les contrées boréales.

Cette manière de voir paraît se confirmer de plus en plus. En étudiant, dans le troisième volume de l'*Antlitz der Erde*, les circonstances du sol sibérien, M. Suess remarque que, dans toute la plaine sibérienne, à l'orient du Yeniséi, on trouve des dépôts charbonneux à plantes fossiles, qui s'échelonnent depuis le permien jusqu'au jurassique, exactement comme c'est le cas en Afrique australe et dans l'Inde. Il y a donc eu, dans les latitudes boréales, une grande terre, homologue de celle de Gondwana, dont elle était séparée par le grand bras de mer qui, traversant toute l'Asie, allait de l'Europe, par l'Iran et l'Himalaya, rejoindre le Pacifique. Cette terre, M. Suess l'appelle la *Terre de l'Angara*, à cause du développement que prennent les dépôts à plantes sur les bords de la rivière de ce nom, émissaire du Lac Baïkal.

La distribution du genre Aucella. — Depuis que l'attention des géologues s'est portée sur les régions boréales, on a été frappé de l'importance que prend, dans le jurassique supérieur et le crétacé inférieur de ces contrées, une coquille bivalve connue sous le nom d'*Aucella*.

Ce genre a été étudié d'abord en Russie, où il est fréquent

dans ce qu'on appelle l'étage volgien. Mais il avait apparu plus tôt, sous la forme de l'*Aucella radiata* de l'oxfordien inférieur des environs de Moscou.

M. Pompeckj (1) s'est demandé quel était le vrai centre de dispersion des Aucelles. Il constate que les espèces volgiennes sont plus abondantes, en Russie, que celles de l'oxfordien, et que, dans la région germanique, on ne connaît que de rares individus d'*Aucella* dans les couches à *Impressa* de Souabe, ou dans la zone à *bimammatus* de Soleure : qu'en Angleterre, ce genre ne se montre qu'avec le portlandien; enfin que, dans l'Allemagne du Nord, on le connaît seulement au milieu des couches néocomiennes.

Au contraire, les Aucelles sont caractéristiques du jurassique supérieur et du néocomien de la Nouvelle-Zemble, du Groenland, de l'Alaska, de Vancouver. Leur patrie est donc la région arctique, d'où elles se sont répandues, non seulement jusqu'en Californie, mais jusqu'au Mexique, pendant que, du bassin russe, elles pénétraient dans l'Himalaya. Si donc ce sont bien des formes d'origine arctique, elles ne sont pas limitées aux régions boréales, et elles ont prospéré, même dans les basses latitudes, lorsqu'elles rencontraient des conditions de dépôt analogues à celles des parages arctiques.

D'autre part, les Aucelles ne sont pas, comme on l'avait cru d'abord, apparentées aux inocérames: ce sont des aviculidés, que M. Pompeckj rapproche du genre *Pseudomonotis*. Il est remarquable que ce dernier genre, qui a précédé les Aucelles, soit essentiellement caractéristique du trias supérieur dans ces mêmes régions de l'Alaska, de la Sibérie orientale et de la côte nord-occidentale des États-Unis, où devaient plus tard prospérer les Aucelles.

Les dépôts miocènes en Égypte. — On sait combien il est difficile d'établir avec sûreté, dans l'étage dit *méditerranéen*, la part qui revient à la division inférieure ou *burdigalien*, et celle qui doit être rangée dans l'*helvétien*.

MM. Fourtau et Depéret (2) avaient cru reconnaître la présence du burdigalien en plusieurs points de la région égyptienne. M. Blanckenhorn (3) croit que cet étage n'existe qu'à Boghara,

(1) Neues Jharbuch für Mineralogie, 1900, 1901 (*Beilageband*, XIV).

(2) Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences, CXXXI, p. 402.

(3) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1901, p. 54.

et qu'ailleurs on lui a attribué à tort des couches où les espèces des deux étages méditerranéens sont mélangées, comme elles le sont toujours à la base du vindobonien ou helvétien. Au Sinaï, le burdigalien est représenté par des tufs basaltiques avec restes de *Brachyodon*.

M. Blanckenhorn a joint à son travail une petite carte indiquant la transgression de la mer helvétienne en Égypte. Cette mer dépassait à Siouah le 28e parallèle. Son rivage méridional passait à Moghara et au Caire, puis envoyait au sud un long golfe coïncidant en gros avec le golfe actuel de Suez. Enfin de Suez, le rivage remontait, à l'est de Port-Saïd, pour se tenir au large de la Palestine. La Mer Rouge n'existait pas à ce moment.

Lors du tortonien, la mer avait quitté l'Égypte, et des terrains d'eau douce, à hydrobies, planorbes et physes, se formaient aux environs de Siouah.

L'Han-Haï et le Baïkal. — L'importante question de l'*Han-Haï* ou ancienne mer desséchée du Gobi se trouve traitée, à la lumière des nouvelles découvertes, dans le troisième volume de l'*Antlitz der Erde* de M. Suess, dont la première moitié vient d'être publiée (1). Par un heureux rapprochement, cette question y est liée à celle de l'origine du lac Baïkal, ce curieux bassin allongé, dont le fond est à plus de 1000 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Après avoir constaté que, d'après les circonstances géologiques, la moitié méridionale du lac doit être à la fois plus récente que la série de l'Angara (qui va du permien au jurassique supérieur) et plus ancienne que certains étages du tertiaire sibérien, M. Suess rappelle les particularités zoologiques du Baïkal, notamment la présence du phoque dans ses eaux, ainsi que celle d'une éponge qui vit dans la mer de Bering. Il constate, d'après divers observateurs que, si les poissons des fleuves sibériens doivent dater en partie d'une époque antérieure à la constitution des lignes de partage du temps présent, et si beaucoup de poissons européens sont connus dans le territoire du haut Amour, en revanche, M. Dybowski a fait voir qu'à peu d'exceptions près, les gastropodes du Baïkal formaient, au milieu de la Sibérie, une colonie indépendante. Enfin on a trouvé à Omsk des coquilles levantines.

(1) *Das Antlitz der Erde*, Dritter Band, Erste Hälfte, Wien, Tempsky, 1901.

D'un autre côté, M. Fuchs a fait ressortir que les couches levantines à *Paludina* et *Unio* de l'Europe ont, par leur faune, des affinités chinoises et japonaises, et il a caractérisé le Baïkal comme la colonie la plus septentrionale qu'ait laissée tout un monde de mollusques d'eau douce qui habitait au sud et à l'est de ce territoire.

Bientôt MM. Széchényi et Loczy rapportaient de la Chine méridionale une riche faune lacustre apparentée à celle des couches levantines. Enfin MM. Bittner, Hoernes et Brusina retrouvaient des formes du Baïkal, soit dans le pontien d'Europe, soit même dans le sarmatien.

En somme, le Baïkal a reçu des apports de sources diverses, les uns, lacustres, les autres, marins, plusieurs venant du sud, quelques-uns du nord. En tout cas, il paraît certain que des espèces sarmatiennes y ont trouvé refuge, ce qui placerait la formation du Lac à l'époque du tertiaire supérieur.

Quant aux dépôts de l'Han-Haï, qui consistent en conglomérats d'un brun-rouge, en grès rouges et jaunes, en argiles avec gypse et sel, leur distribution va du 75e au 114e méridien, et les seuls restes organiques qu'on y ait trouvés sont terrestres ou d'eau douce : ainsi le *Stegodon* de la faune de Sivalik, trouvé par Loczy, les bithynies et les limnées que ce savant a recueillies dans les défilés du fleuve Jaune, et les restes de *Rhinoceros* rapportés par Obroutchew de la région comprise entre Ourga et Kalgan.

En résumé, les dépôts de l'Han-Haï ne sont pas des formations marines. Ils se sont constitués, pendant une longue période, embrassant notamment plusieurs divisions du tertiaire, dans des lacs d'eau douce d'une étendue extraordinaire, accompagnés d'une série de lacs plus petits, en partie privés d'écoulement. Ces nappes d'eau étaient d'ailleurs soumises à des influences climatériques susceptibles de les faire varier considérablement. Les sédiments ont dû se former dans des conditions analogues à celles qui ont donné naissance au grès rouge permien d'Europe.

Les tremblements de terre au Japon. — Les idées ont singulièrement marché depuis l'époque où il semblait que tout tremblement de terre fût nécessairement une manifestation de l'activité volcanique. A cet égard, il ne saurait y avoir de contrée plus instructive que le Japon ; car on y observe la coexistence de grands volcans actifs, tels que le Fousiyama, et de secousses séismiques presque constantes.

La statistique établit (1) que, postérieurement à l'ère chrétienne, il y a eu, au Japon, 223 tremblements de terre violents. Dans ces derniers temps, il a été érigé dans ce pays 26 observatoires séismiques, dont le plus ancien date de 27 ans. Or, on y a enregistré déjà 18 279 secousses. La seule ville de Tokio en a compté 2173 en 24 ans, soit une moyenne de 90,5 par an ou près de 1 pour 4 jours.

Cependant il est très rare que les secousses coïncident avec des éruptions. Ainsi, quand eut lieu en 1888 la célèbre explosion du Bandai-San, qui projeta en l'air une masse de plus de *deux milliards de kilomètres cubes*, l'ébranlement produit fut si faible, que les maisons situées au pied du volcan ne furent pas détruites. L'aire atteinte par les secousses n'était que de 5000 kilomètres carrés, tandis que le séisme de Mino-Owari, indépendant de toute éruption, en ébranla en 1891 *cinquante fois plus*. Le même exemple s'est renouvelé en 1893 lors de l'explosion de l'Adzouma-San.

En réalité, presque tous les séismes observés au Japon sont *tectoniques* et accusent des dislocations qui se produisent ou qui rejouent dans l'écorce du globe. La fréquence des tremblements de terre, dans cette contrée, tient à ce qu'elle est située au bord de la grande cassure qui sépare le continent asiatique de la fosse du Tuscarora, où sont concentrées, tout contre le rivage, les plus grandes profondeurs connues dans le Pacifique septentrional.

Naturellement les volcans doivent tendre à jalonner une ligne de dislocation d'une telle importance. Mais le phénomène explosif, dont ils apportent la manifestation, est le plus souvent indépendant des causes mécaniques qui peuvent affecter l'équilibre relatif des compartiments de l'écorce situés de part et d'autre des cassures.

Ces cassures se traduisent parfois jusqu'au jour et les exemples s'en multiplient au Japon, où la faille de Midori (1891) est connue sur 117 kilomètres et celle de Senya (1897) sur 60. D'ailleurs cette dernière prolonge la ligne de dislocation de Yadaresawa, découverte par M. Koto. Enfin, dans ces deux dernières années, on a vu apparaître nettement au jour une autre ligne de fracture, longue de 140 kilomètres, qui va de l'embouchure du Mogamigawa dans la mer du Japon au pied du col de Sengan dans la chaîne centrale.

(1) Yamasaki, *Erdbebenwarte*, Laibach, 1901.

Il est donc permis de dire que chaque jour apporte de nouveaux arguments en faveur de la liaison des tremblements de terre avec les phénomènes tectoniques, c'est-à-dire orogéniques.

A. DE LAPPARENT.

SCIENCES INDUSTRIELLES

—

Un nouveau cours pratique de métallurgie à l'École des Mines Columbia (New-York) (1). — Ce nouveau cours pratique de métallurgie, inauguré au mois de janvier 1901, s'écarte assez des types existants pour mériter quelque attention. Il est destiné aux élèves des mines, à l'exclusion des métallurgistes, qui ont un programme beaucoup plus complet.

On a eu principalement en vue : de donner à l'étudiant une connaissance suffisante des instruments de précision de la métallurgie pour lui permettre plus tard d'en comprendre et d'en interpréter les indications et, au besoin, de s'en assimiler rapidement l'emploi; ensuite, de le familiariser avec la théorie, les circonstances essentielles et les moyens de contrôle de certaines opérations-types, sans chercher — au risque de distraire son attention — à l'initier aux difficultés d'organisation et aux problèmes d'ordre mécanique que ces opérations comportent.

Le cours comprend les cinq objets suivants : 1° *La microscopie :* Chaque élève exécute un certain nombre de préparations microscopiques choisies d'abord parmi les plus simples — les alliages de cuivre et d'argent, — puis parmi les plus importantes au point de vue industriel — les aciers. — Il apprend ainsi comment on use et polit un échantillon, comment on en dévoile la structure par la chaleur ou par l'attaque aux acides, comment on en prend un croquis ; en outre, il étudie les lois de l'eutexie, la relation qui existe entre la constitution et la structure des alliages et leur composition chimique, l'influence des agents calorifiques, etc.

2° *La pyrométrie :* Dans cette section, l'élève apprend le prin-

(1) BULLETIN TRIMESTRIEL DE L'UNIVERSITÉ COLUMBIA. Traduit par G. G. dans la REVUE UNIVERSELLE DES MINES, mai 1901.

cipe du pyromètre électrique, et acquiert une certaine habileté dans le tarage de l'instrument et dans l'observation des phénomènes calorifiques qui accompagnent les températures critiques de l'acier. De cette manière, il s'habitue au maniement du pyromètre et, du même coup, il assiste à des phénomènes de la plus haute importance technique.

3° *Le traitement thermique de l'acier :* Au moyen d'essais appropriés, on fait ressortir les conditions dans lesquelles l'acier gagne ou perd la trempe, ainsi que la corrélation qui existe entre ces propriétés et les propriétés magnétiques; dans une autre série d'expériences, on met en lumière l'influence pernicieuse d'un traitement thermique défectueux et le moyen d'y remédier par voie thermique ou mécanique : ainsi, on observe les symptômes du mal et de sa guérison.

4° *Le grillage des minerais de cuivre :* L'élève procède à un grillage de minerai de cuivre dans un four à réverbère, il prend d'instant en instant la température et il constate les progrès du grillage, en dosant le cuivre sous les trois états de sulfure, oxyde et sulfate. Il se rend compte ainsi, à la fois par l'observation directe et par les relevés pyrométriques, du degré de température le plus convenable pour chacune des phases de l'opération; puis de l'ordre dans lequel se succèdent les différentes transformations chimiques et de l'influence qu'exerce la température sur celles-ci.

5° *La désargentation du plomb :* L'élève applique le procédé Parkes, consistant à isoler l'argent à l'état d'alliage argent-zinc-plomb relativement infusible; il contrôle la marche de l'opération par des essais appropriés.

L'obligation de donner un enseignement aussi détaillé à un auditoire d'une trentaine d'élèves n'allait pas sans quelques difficultés; elles furent levées, en partie, grâce à deux mesures dont le cours bénéficia d'ailleurs également. D'abord on mit par écrit, sous une forme brève mais très précise, des renseignements concernant les principes, les phénomènes à constater et l'importance de chaque sujet; cette mesure habitue les élèves à se passer d'explications verbales pour travailler d'après des instructions écrites; elle leur fait apprécier la concision et la clarté dans l'exposition, et elle allège considérablement les charges du personnel.

En second lieu, les étudiants ont été partagés en un certain nombre d'équipes, sous la direction d'un chef désigné parmi eux. De la sorte les élèves d'élite s'accoutument à l'exercice de l'au-

torité et de la responsabilité, et c'est de plus un encouragement à redoubler de zèle, les autres les consultent naturellement avec moins de réserve qu'ils ne consulteraient leurs professeurs.

Installations récentes de postes télégraphiques Marconi (1). — Encouragée par les bons résultats qu'elle a jusqu'ici obtenus, la compagnie télégraphique " *International Marconi* " se propose d'installer prochainement un réseau de stations sur les côtes du pays de Galles, de l'Irlande et de l'Amérique du Nord. Ces stations permettront d'échanger des télégrammes entre la terre ferme et les navires qui font le trajet d'Europe en Amérique.

On a déjà fait des essais au moyen des quatre stations actuellement existantes, qui sont toutes rattachées au réseau anglais ordinaire. Une de ces stations est installée à bord du vaisseau-école *Conway ;* les trois autres se trouvent toutes à une certaine distance du port de Liverpool ; celle de *Holyhead* à 108 km., celle de *Rossland* à 250 km., et celle de *Crookhaven* à 400 km. De Liverpool, on peut aujourd'hui communiquer, grâce à ces stations, avec des navires en marche, et cela même à de grandes distances. Deux essais ont prouvé que la communication était possible. Un de ces essais a eu lieu avec le bâtiment *Lucania*, de la Compagnie *Cunard*, qui se rendait directement à New-York ; l'autre avec le vapeur *Lac Champlain* qui venait de Montréal.

A peine arrivé à une centaine de kilomètres de Crookhaven, le *Lac Champlain* télégraphia à Liverpool, annonçant son arrivée ; puis, à environ 100 km. de Rossland, les passagers eux-mêmes purent expédier des dépêches qui arrivèrent parfaitement à Liverpool, d'où elles furent transmises à leur adresse et au nombre de cinquante, par les voies télégraphiques ordinaires.

Le même navire, parvenu à quelque distance de Holyhead, échangea des télégrammes de félicitations avec Liverpool. Quant au *Lucania* qui fit, en juin dernier, le voyage de Liverpool à New-York, il avait alors été pourvu, pour la première fois, de l'appareil Marconi. Il devait faire des expériences et chercher à demeurer, le plus longtemps possible, en communication télégraphique avec la terme ferme.

Ces expériences commencèrent quand le navire fut à une distance de 3 milles ; à partir de ce moment, on expédia et on

(1) L'ÉLECTRICIEN, 2 nov. 1901.

reçut à bord de nombreux télégrammes, jusqu'à ce que le navire fût parvenu à une distance de 30 milles.

Citons, à ce propos, un fait qui montre quels services peut rendre la télégraphie sans fil, même dans les relations privées. Parmi les télégrammes parvenus à bord du *Lucania*, s'en trouvait un adressé à un passager qui, en partant, avait laissé sa femme dangereusement malade ; ce voyageur reçut ainsi avis que la crise avait été heureusement surmontée.

En mai dernier, un navire à vapeur de MM. Elder et Dempster, parti de la Mersey avec un appareil de télégraphie sans fil à son bord, put envoyer deux dépêches à la station de Holyhead, le lendemain du jour où il avait levé l'ancre. De Holyhead ces télégrammes furent transmis aux armateurs : l'un venait d'un point situé à 85 milles du phare de South-Stack.

On ne rencontre pas encore d'appareil récepteur sur la côte américaine, mais, dans un avenir prochain, des installations vont être faites qui permettront aux navires de communiquer avec New-York une trentaine d'heures avant leur arrivée dans ce port. En outre, M. Gordon Bennett songe à faire édifier une station dans l'île de Nantucket, l'une des premières terres américaines que rencontrent les navires à vapeur en provenance d'Europe. Grâce à ces diverses installations, les navires se rendant de Liverpool à New-York pourront correspondre durant un jour avec le port de départ et ils auront, en outre, la possibilité d'envoyer des dépêches sur les côtes d'Amérique un jour avant leur arrivée à destination.

On annonce que le contre-torpilleur *Orwell*, de l'escadre anglaise de la Méditerranée, a été pourvu de l'appareil Marconi. On avait cru jusqu'ici que, pour les bâtiments de ce genre, la télégraphie sans fil n'offrait aucune ressource, étant donnée la minime capacité de l'antenne qu'il était possible d'attacher au mât. On a eu recours alors à de grands condensateurs et l'expérience a démontré que, grâce à ce dispositif, il devenait possible d'échanger des télégrammes entre l'appareil du minuscule torpilleur et le fil aérien du vaisseau-amiral.

Si la dernière application donne des résultats véritablement pratiques, l'un des problèmes les plus ardus de la guerre navale moderne se trouvera résolu.

Les locomotives électriques à grande vitesse de l'Allgemeine-Elektricitäts-Gesellschaft (1). — L'*Allgemeine Elek-*

(1) Electrotechnische Zeitung, 26 sept. 1901.

tricitäts-Gesellschaft a mis en expérience, sur sa plate-forme d'essai, une voiture à grande vitesse et les résultats ont pleinement confirmé toutes les prévisions théoriques.

La voiture a été essayée avec une vitesse circonférentielle des roues de 56 mètres par seconde, soit 200 à 210 km. à l'heure. Puis la voiture a été livrée à une société d'études qui va continuer les expériences sur une voie d'essai.

Voie d'essai. La société d'études pour chemins de fer électriques à grande vitesse a été constituée en vue d'étudier les conditions techniques et économiques de la traction électrique sur les voies normales. On a admis comme limite supérieure de la vitesse 200 km. à l'heure. Les essais ont commencé sur la ligne militaire Berlin-Zossen. Cette voie est particulièrement appropriée à ces études, car la superstructure, le profil et l'éclissage y présentent une certaine diversité.

Vitesses de 80 à 100 km. à l'heure. Si l'on conserve les vitesses actuelles de 80 à 100 km. à l'heure, les voitures électriques fatiguent beaucoup moins les voies actuelles que les locomotives à vapeur. Dans bien des cas, la traction électrique permet d'augmenter très sensiblement le trafic, sans modifier en rien les ouvrages d'art ou la superstructure. Il est inutile d'insister sur les avantages que le public retirerait de l'augmentation de vitesse avec voitures isolées : diminution du temps du trajet ; fréquence des trains : absence de fumée. La construction des voitures motrices n'offre aucune difficulté pour ces vitesses ; ni la superstructure, ni les installations existantes ne subiraient de modifications importantes.

Vitesses de 200 km. à l'heure. Le véritable objet des essais, est de déterminer les conditions techniques d'un service à grande vitesse ainsi que le maximum de vitesse admissible. Il est hors de doute que les signaux devront être modifiés, que les passages à niveaux et aiguillages seront supprimés ou tout au moins radicalement transformés. Les deux voies devront probablement être séparées, avec gares distinctes pour la voie montante et pour la voie descendante.

Construction de la voiture motrice. On n'emploiera pas des locomotives au sens ordinaire du mot, mais des voitures motrices qui pourront contenir 50 voyageurs. La puissance normale des moteurs est de *1000 chevaux* mais peut être portée à *3000*.

Les essais montreront si ces puissances élevées sont nécessaires et permettront de déterminer la consommation aux différentes vitesses ainsi que l'influence du vent.

Le courant triphasé a été adopté. Les essais entrepris ont montré que la production et la transmission de courant à *40 000 et 50 000 volts* n'offre plus de difficultés. Pour la voie d'essai on s'est contenté de 12 000 volts, car la longueur de la voie n'est que de 24 km. Des transformateurs portés par la voiture même abaissent la tension à 435 volts. Dans bien des cas, il sera plus avantageux d'alimenter tous les moteurs directement à 2000 volts et de donner la même tension aux fils aériens. Des transformateurs répartis le long de la voie permettraient d'abaisser la tension de 50 000 à 2 000 volts.

La longueur totale de la voiture est de 22 mètres. La caisse est supportée par deux trucks très forts, munis chacun de 3 essieux. Chaque essieu extrême de chaque truck est commandé par un moteur de 250 chevaux normalement et 750 chevaux au maximum. Le diamètre des roues est de $1^{m},25$, la vitesse de 900 tours par minute.

Études préliminaires sur la construction de la voiture. On croyait au début que le poids de l'équipement électrique ne pouvait pas descendre au-dessous de 50 tonnes pour les puissances de 3 000 chevaux. Grâce à de nouveaux dispositifs et à une construction spéciale des transformateurs, moteurs et appareils de démarrage, il s'est abaissé à 30 tonnes seulement. Grâce à une ventilation énergique du fer des transformateurs, le poids a pu en être réduit à 6,5 kg. par kilowatt.

Une autre question bien délicate était la suspension du moteur. Toute transmission telle que engrenages ou chaînes devait être exclue. On réussit à trouver une solution satisfaisante en employant un accouplement élastique à glissement et une suspension élastique des paliers du moteur. L'arbre du moteur est creux et la vitesse tangentielle dans les paliers est de 15 mètres par seconde. Les essais ont montré que les vitesses de 20 mètres étaient admissibles même pour de très fortes pressions.

La vitesse de 200 km. exige, outre le frein Westinghouse, un freinage électrique.

Au moment où nous écrivons ces lignes (24 décembre 1901) nous apprenons que l'on a pu réaliser, dans les essais sur la ligne militaire Berlin-Zossen, des vitesses de 170 km., mais que l'état de la voie n'a pas permis d'aller au delà.

La construction de chemins de fer en Chine (1). — Les premières voies ferrées eurent à lutter contre les préjugés des

(1) Revue générale des chemins de fer, septembre 1901.

Chinois. Une ligne bâtie en 1872 sur 22 km., pour relier Shanghaï au fleuve Wosung par Yang-tse, fut bientôt rachetée à la Compagnie anglaise à qui elle appartenait. Les rails furent enlevés et envoyés à Formose pour y servir à la construction des lignes dans ce pays.

Cinq ans après, fut décidé l'établissement d'une autre ligne plus importante pour l'exploitation des riches mines de charbon de Li-Hung-Chang, près de Tien-tsin. Cette ligne fut successivement prolongée, d'après l'accroissement du trafic des voyageurs et des marchandises, au sud jusqu'à Tien-tsin et au nord jusqu'au port-franc de Shanhaï-kwan, et même jusqu'à la station de Machiapu peu éloignée de Péking, dont la porte sud fut rattachée à cette station par un chemin de fer électrique système Siemens et Halske. Puis le réseau s'étendit de Péking au sud vers Paoting-fou, dans les environs duquel se trouvent d'immenses gisements de houille. Cette section longue de 120 kilomètres fut construite par l'anglais Kinder, pour le compte du gouvernement chinois.

La ligne Péking-Paoting-fou est la première section du chemin de fer " Lu Han „ qui doit relier Péking à Han-Kéou. Cette ligne traversera les plus riches et les plus fertiles provinces de Chine et se terminera au Yang-tse-Kiang. Les travaux préparatoires entrepris par un syndicat belge pour la construction de cette ligne, étaient assez avancés quand l'insurrection récente éclata. Les troubles n'eurent pas d'effet dans les provinces du Yang-tsé, mais dans le Tchili tout dût être abandonné. De même les travaux préliminaires pour les voies ferrées nécessaires à l'exploitation des mines dans le Ho-nan et le Chan-si, durent être interrompus. Ils étaient entrepris par le " Syndicat de Péking „ qui travaille principalement avec les capitaux anglais, mais est représenté en Chine par l'Italien Luzzati. Dans l'entretemps la ligne de Péking-Paoting-fou a été rétablie, et depuis le commencement de février le service a repris régulièrement. De même la ligne de Tien-tsin à Péking a été restaurée et depuis un certain temps déjà elle est de nouveau en exploitation ainsi que la ligne de Takou à Shanhaï-kwan.

Le " Syndicat de Péking „ ou la " Société d'études des chemins de fer en Chine „, a obtenu la construction de la ligne Péking-Han-Kéou de la " Compagnie impériale „ chinoise, qui avait reçu la concession du gouvernement chinois, avec la garantie de l'État, et pour effectuer les travaux, elle a fait en Belgique un emprunt de 112 millions de francs pour lesquels le

gouvernement chinois garantit 5 % d'intérêt. L'établissement d'un pont sur le Hoang-ho constitue la plus grande difficulté du travail; le coût en est évalué à 12 millions de francs. Le tracé de cette voie ferrée, longue de 1000 kilomètres, traverse un territoire d'une population très dense, dont le sol est riche en minerais.

La construction de la ligne Han-Kéou-Canton fut concédée à un groupe d'Américains en 1898. Longue d'environ 1200 km. cette ligne traversera des contrées riches en gisements de houille et de fer. Les dépenses de la section Han-Kéou-Canton furent estimées à 100 millions de francs. L'une des difficultés de la construction de cette ligne consiste dans l'hostilité des habitants des régions qu'elle doit traverser. Les rapides du Yang-tsé-kiang et de son puissant affluent le Hsiang-kiang rendent nécessaire la construction de grandes digues et de ponts, car ces fleuves coulent entre des rives extrêmement basses et s'élèvent parfois jusqu'à 15 mètres au-dessus du niveau normal, inondant d'immenses étendues de terrain. Le Hsiang-kiang une fois traversé, la ligne ira jusqu'au pied du Nan Schan ou montagnes du Sud, puis suivra la ligne de partage des eaux entre le Hsiang-kiang et Hsi-kiang, jusqu'à Canton.

Quant aux lignes projetées dans le Schantong : Kiao-Tchéou-Tsing-Tchéou-Tsinan et Tsinan-Si-Tchéou, construites avec des capitaux et des matériaux allemands, la première était déjà en pleine construction lorsque l'insurrection des Boxers força à interrompre tous les travaux. Cependant les travaux furent bientôt repris énergiquement de sorte qu'à la fin de juillet 1900, les travaux de terrassement étaient terminés sur les 75 km. séparant Tsing-tao de Kiao-Tchéou.

A l'ouest de la grande ligne Péking-Han-Kéou, des capitalistes anglo-italiens ont acquis une concession de plusieurs centaines de kilomètres de voies ferrées avec droit sur les mines de charbon et de fer situées dans le réseau. D'après les recherches des géologues, c'est là que se trouvent les plus vastes et les plus riches gisements houillers du monde.

La " Compagnie impériale „ obtint la concession pour deux chemins de fer partant de Shanghaï, les fonds nécessaires étant fournis par la " Hong-Kong et Shanghaï Bank „ et la maison " Jardina, Masheson et C° „.

L'une de ces lignes qui doit relier Shanghaï aux ports-francs, Hongtchéou, Ningpo et Woutchou sera continuée jusqu'à Hong-Kong et Canton; l'autre ira de Shanghaï à Nanking par Su-Tchéou.

La même banque unie à la même société a obtenu la concession d'une ligne allant de Kao-Loug, port-franc situé en face de Hong-Kong, à Canton.

La ligne Tien-tsin à Chinkiang dont la partie nord est entre les mains des Allemands et la partie sud aux Anglais, formera le plus court chemin de Shanghaï à Péking.

La " Compagnie impériale „ a également obtenu la concession de la ligne Kyani-Pou Sin-Yan, dont un syndicat anglais a entrepris la construction.

D'autres projets français, italiens et japonais n'en sont encore qu'au début. Toutes les lignes auxquelles ils s'appliquent, ont leur point de départ sur la côte orientale de la Chine, d'où les différentes nations cherchent à pénétrer dans l'intérieur.

La Russie fonda une banque russo-chinoise, qui conclut à la fin de 1896, un traité avec le gouvernement chinois, pour la fondation d'une Société de chemins de fer, qui joindrait le chemin de fer Transbaïkal et Ussouri depuis la frontière de la province Holungkiang jusqu'à la frontière orientale de la province Kirin et de là à Wladivostok. C'est ainsi que fut fondée la Société du chemin de fer Est-chinois, au capital de cinq millions de roubles; le gouvernement russe s'engageant à fournir le surplus des capitaux nécessaires. Deux directions se présentaient pour cette ligne. L'une et l'autre partaient de la station frontière Alt-Zuruchait, sur l'Angun, jusqu'au Chailar, distant de 120 kilomètres, d'où la voie peut prendre deux directions. La ligne sud passe par Beduno et Ninguta sur la frontière de la province russe côtière, la ligne septentrionale par Tsitsikar et Hulan pour se terminer au même point. La première de ces lignes traverse les plus riches régions de la Mandchourie et raccourcit de beaucoup la route de la Mer Jaune. Mais la seconde route fut choisie en raison de l'importance prise par le trafic des grands vapeurs et remorqueurs sur le Sungari qui est relié à l'Amour et à l'Ussuri. Le chemin de fer Mandchou ira de Hulan à Port-Arthur par Kirin et Moukden.

Le plan des Russes ne se limite nullement au chemin de fer Sibérien-Mandchou. Ils ont l'intention de prolonger cette ligne d'un côté vers Witchou sur le fleuve Zalon à la frontière de Corée où elle se relierait à une ligne vers Séoul entreprise par une société française; de l'autre côté on cherche à réaliser une jonction avec les chemins de fer de la Chine du Nord, au moyen d'une ligne allant par la partie Est de la grande Muraille à Shanhaï-kwan.

N. S.

PHYSIQUE

—

De l'influence des courants de convection sur les indications d'instruments très sensibles. — Tel est le titre d'un mémoire, à la fois historique et expérimental, de M. W. Prinz, professeur à l'Université de Bruxelles et astronome à l'Observatoire royal de Belgique (1). Il y est question, non de convection électrique, mais des courants matériels qui naissent au sein d'un fluide dont tous les points, sous l'influence d'une cause extérieure, ne sont pas à la même température.

" Un instrument très simple, dit l'auteur, permet de se rendre compte du phénomène. Il suffit de suspendre dans un flacon quelconque, à un fil de cocon, une aiguille légère faite d'une matière non magnétique, bois, cuivre, verre, paille, etc., de forme dissymétrique, lestée à son extrémité courte par une petite masse également neutre. Une allumette, terminée par une boulette de cire à cacheter, remplira parfaitement cet office; le fil de cocon sera facilement lié au chas d'une aiguille à coudre, enfoncée dans le bouchon de la bouteille, et une bandelette de papier, portant une graduation sommaire, rendra visibles les déplacements de l'aiguille.

„ Ce modeste appareil constitue un thermoscope extrêmement sensible. Lorsque l'aiguille est au repos, il suffit d'approcher un corps chaud, un cigare ou les doigts, d'un côté du flacon, pour la voir bientôt tourner vers ce point, comme attirée par une force émanant du corps. En réalité, on l'a compris, un courant de convection s'est établi dans le flacon, sous l'influence du corps chaud; l'air, rendu léger, est monté le long de la paroi chauffée, pour redescendre du côté opposé, entraînant dans son mouvement l'aiguille, qui a fonctionné comme une petite girouette. „

Tout appareil où une aiguille, neutre ou magnétique, est librement suspendue dans une enceinte fermée, en vue de recherches étrangères aux variations de la température, n'en constitue pas moins, comme la bouteille qu'on vient de décrire, un thermoscope d'une sensibilité extrême. Dès lors, si l'on n'y prend garde, ces appareils hybrides fourniront des renseignements falsifiés dont

(1) Publié dans Ciel et Terre, 22e année, novembre 1901, et en brochure in-8o de 29 pages. Bruxelles, P. Weissenbruch, 1901.

l'interprétation inattentive pourra conduire aux conclusions les plus fantaisistes.

Que cela soit arrivé plus d'une fois, c'est ce qui ressort surabondamment de la partie historique du mémoire, où l'auteur raconte, à grands traits et sans vouloir épuiser son sujet, les mauvais tours joués aux observateurs par ces girouettes astucieuses.

Chose singulière! Bien que l'explication vraie et très nette des évolutions des aiguilles neutres, sous l'influence des courants de convection, ait été donnée par un expérimentateur anglais, Bennet, dès le XVIIIe siècle, et que, plus tard et à plusieurs reprises, elle ait été retrouvée et exposée à nouveau ; dans une foule de recherches d'ordres différents, des observateurs habiles, des savants même de très réelle valeur, ont été pris à ces girouettes et se sont laissés entraîner à leur chercher une explication dans des forces encore inconnues, ou à y voir la preuve manifeste des conceptions les plus bizarres. Espérons que le travail de M. Prinz, en rappelant l'attention sur ces méprises, en préviendra le retour.

Dans la seconde partie de son mémoire, M. Prinz expose les résultats de ses propres expériences, faites à l'Observatoire royal de Belgique. Leur longue durée, leur continuité, leur variété, les conditions spéciales d'installation, le soin qu'il y a mis leur donnent une valeur considérable qui les recommande à l'attention de tous les observateurs. M. Prinz ne dit pas que ces expériences aient été entreprises et poursuivies en vue précisément d'étudier l'influence des courants de convection sur les appareils à suspension très délicate. Ceux qui ont suivi, il y a quelques années, les publications de M. Ch. Lagrange, qui s'est beaucoup occupé des évolutions des aiguilles neutres, seront portés à croire que les expériences dont M. Prinz expose les résultats sont celles-là mêmes que l'on poursuivit longtemps, à l'Observatoire royal, dans le but de fournir une base ou un contrôle expérimental à certaines vues personnelles de M. Lagrange sur la circulation de l'éther. S'il en est réellement ainsi, il faudrait en conclure que ces expériences n'auraient abouti qu'à mettre une fois de plus en pleine lumière l'influence des courants de convection et à allonger la liste de leurs méfaits. Il eût été intéressant d'être fixé sur ce point.

Quoi qu'il en soit rien de plus net, rien de plus certain que la conclusion qui se dégage des observations de M. Prinz : il n'y a pas autre chose à voir dans ces observations que la manifestation

des courants de convection ; et pas d'autre conclusion à en tirer que celle de l'auteur : " défiez-vous de certaines indications fournies par des instruments très sensibles „ rappelant, par leur construction, la bouteille thermoscope décrite plus haut.

" En ce qui concerne les galvanomètres, les balances, les balances de torsion et les appareils magnétiques, dit M. Prinz, l'influence des courants de convection est établie.

„ Pour les derniers cités, on fera bien d'éviter de les observer en plein soleil. Les instruments de voyage gagneraient sans doute à être munis de boîtes aussi réduites que possible, se moulant, en quelque sorte, sur l'équipage mobile, ainsi que le faisait Lamont.

„ Quant aux pendules horizontaux et aux appareils fixes, en général, on pourrait acquérir une première appréciation sur les conditions dans lesquelles ils sont installés en plaçant, dans les instruments mêmes ou dans leur voisinage, un certain nombre d'aiguilles neutres. Celles-ci fourniraient souvent des renseignements plus précis sur la distribution thermique des locaux, que les thermomètres dont on se contente ordinairement. „

Les basses températures. — Nous empruntons la plupart des données que nous grouperons sous ce titre général à des publications récentes de M. James Dewar, notamment à la *Bakerian Lecture* faite par lui à la Société royale de Londres, le 13 juin dernier. Il s'agira toujours de *température absolue*, dont le zéro se trouve rejeté à — 273° de l'échelle centigrade, en sorte qu'une température notée 6°, par exemple, se traduirait, sur l'échelle centigrade vulgaire, — 267°.

Le thermomètre à hélium donne 20°,5 pour le point d'ébullition de l'hydrogène, sous la pression atmosphérique, et 16° pour son point de fusion. La température la plus basse, observée sur un thermomètre à gaz, est de 14°, 5. Avec un isolement plus complet et en faisant évaporer le liquide réfrigérant sous une pression plus faible, on atteindrait 13° ; l'emploi de l'hydrogène, qui est solide à cette température, ne permet pas d'aller au delà.

Les hauteurs des colonnes d'eau, d'air liquide et d'hydrogène liquide, soulevées dans des tubes capillaires identiques, sont proportionnelles aux nombres 15,5, 2 et 5,5. Il s'ensuit que les tensions superficielles de l'eau, de l'air liquide et de l'hydrogène liquide sont proportionnelles aux nombres 15,5, 2 et 0,4. En d'autres termes la tension superficielle de l'hydrogène à son

point d'ébullition est un cinquième de celle de l'air liquide dans les mêmes conditions.

L'indice de réfraction de l'hydrogène liquide, déterminé expérimentalement, a pour valeur 1,12.

M. Dewar a étudié quinze thermomètres à résistance électrique jusqu'au point d'ébullition de l'hydrogène. A cette limite, la résistance d'or marquait la température la plus basse, venait ensuite le platine, puis l'argent et enfin le cuivre et le fer, dont les indications différaient de celle de l'or respectivement de 26 et de 32 degrés. Celui-ci donne 23°,5, au lieu de 20°,5, indication du thermomètre à gaz, pour le point d'ébullition de l'hydrogène sous la pression atmosphérique.

La diminution de résistance électrique de ces métaux, à la température de l'hydrogène bouillant, est très remarquable. Celle du cuivre se réduit à 1/105, celle de l'or à 1/30, celle du platine entre 1/15 et 1/17, celle de l'argent à 1/24, celle du fer à 1/8 de ce qu'elles sont à la température de la fusion de la glace. La loi qui rattache la variation de résistance à la température quand celle-ci varie dans la région du point d'ébullition de l'hydrogène est inconnue, ce qui empêche toute détermination précise des températures, à ces degrés de l'échelle thermique, faite à l'aide de thermomètres électriques.

On a fait de très intéressants essais de liquéfaction de l'hélium. Ce gaz, comprimé dans un appareil analogue à celui de Cailletet, et refroidi à la température 20°,5 de l'hydrogène bouillant, a été brusquement détendu de 80 atmosphères à 1. Un brouillard très net s'est montré dans le tube. Après plusieurs compressions et détentes successives, le tube contenait un peu de substance solide qui se volatilisait dès qu'on retirait le tube de l'hydrogène liquide. En refroidissant, par ébullition dans le vide, l'hydrogène liquide jusqu'à son point de solidification, 16° environ, et en répétant les mêmes opérations de compression et de détente sur le gaz qui, à 20°,5, avait fourni la substance solide, on n'observa plus de brouillard. Il semble donc qu'il était dû, dans la première expérience, à quelque autre substance que l'hélium, vraisemblablement au néon ; de fait on n'obtient plus de brouillard, même quand le tube est entouré d'hydrogène solide, lorsqu'on a purgé le gaz soumis à l'expérience, du néon qu'il contient.

D'expériences faites sur l'hydrogène purifié de la même manière et traité dans le même appareil et dans des conditions identiques, il résulte que quand la température initiale du gaz,

au moment de la détente, était le double du point critique de l'hydrogène, un brouillard se formait, mais il ne se produisait plus quand la température initiale s'élevait à 2 1/2 fois environ cette température critique. En raisonnant par analogie, et en appliquant ces indications à l'hélium, on serait amené à reculer au-dessous de 9° le point critique de ce gaz.

Olszewski, dans ses expériences sur l'hélium, produisait la détente à 125 atmosphères et à une température initiale voisine de 7 fois la température critique présumée de ce gaz. Si l'on calcule la chute de température due à la détente adiabatique en partant d'une température initiale de 21°, on trouve qu'une détente de 20 atmosphères à 1, ferait atteindre 6°,3, et de 10 à 1, 8°,3. Il n'est pas douteux que l'hélium ait été réellement amené à 9 ou 10 degrés sans liquéfaction apparente. Il faut toutefois observer qu'en appliquant à l'hélium ce que l'on sait de la variation des indices de réfraction de l'hydrogène et de l'oxygène, considérés à l'état gazeux et à l'état liquide, on est conduit à donner à l'indice de réfraction de l'hélium liquide, à son point d'ébullition, la valeur 1,03; s'il en est réellement ainsi, des gouttelettes d'hélium liquide prenant naissance dans l'hélium gazeux, près de son point critique, seraient très difficilement visibles.

L'espoir de liquéfier l'hélium, dont le point d'ébullition semble voisin de 5°, c'est-à-dire de — 268° C., repose sur la possibilité de le soumettre aux manipulations qui réussissent sur l'hydrogène. Seulement, l'hydrogène liquide, bouillant dans le vide, devra remplacer l'air liquide, comme agent de refroidissement principal et comme enveloppe des récipients. Dans ces conditions, il est permis d'espérer la liquéfaction d'un gaz dont le point critique serait 6 ou 8 degrés, et le point d'ébullition 4 ou 5 degrés. Cette victoire remportée, on disposerait d'un liquide bouillant à 5° et on pourrait l'utiliser à son tour comme réfrigérant; mais il ne nous conduirait pas encore à 1°, soit à — 272° C.; il faudrait pour cela trouver un nouveau gaz dont la volatilité surpasserait celle de l'hélium, autant que celle-ci surpasse celle de l'hydrogène.

Expériences faites aux températures très basses. — M. H. Becquerel avait constaté antérieurement que des variations de la température de — 20° à + 100° C. ne semblent pas affecter le rayonnement de l'uranium. Il a étudié récemment le pouvoir ionisateur des rayons uraniques à la température de

l'air liquide. A première vue, il semble diminuer quand la température baisse. " A mesure que le métal se refroidissait, dit M. Becquerel, on voyait la vitesse de la charge de l'électroscope se ralentir, jusqu'à descendre à la valeur 0,054 volt par seconde, c'est-à-dire la moitié du nombre obtenu à la température de 24°.8. "

Cette diminution d'action ne doit pas être nécessairement attribuée à une diminution dans le rayonnement de l'uranium refroidi. En effet, l'épaisseur d'air de 13mm qui séparait le disque d'uranium de l'appareil de mesure, était formée de couches à des températures variables entre celle du disque et + 24°.8 C., et était devenue vraisemblablement beaucoup plus absorbante pour les rayons ionisateurs les plus actifs. De fait, l'auteur a constaté, par des expériences de contrôle, que ce sont précisément les rayons les plus actifs qui sont aussi les plus absorbables : ils sont arrêtés par la couche d'air froid très dense qui avoisine le métal radiant refroidi. Rappelons que M. Curie a constaté qu'à la température de l'air liquide, le radium continue à exciter la fluorescence du sulfate d'uranyle et de potassium.

M. Dewar a constaté que les substances organiques, à la température de l'hydrogène bouillant, manifestent, quand on les expose à la lumière, la phosphorescence beaucoup plus énergiquement qu'à la température de l'air liquide. Si l'on plonge dans l'air liquide, ou mieux dans l'hydrogène liquide, un cristal de nitrate d'urane, celui-ci devient spontanément lumineux. Le même phénomène se produit avec le platinocyanure de barium. M. Dewar attribue la lumière émise à des effets électriques dus à des compressions et à des clivages, effets particulièrement intenses avec le nitrate d'urane qui devient isolant à la température de l'air liquide.

En répétant ces belles expériences, on reconnaît, dit M. Becquerel, que l'explication de M. Dewar paraît exacte.

En effet, au moment où l'on plonge un cristal de nitrate d'urane dans l'air liquide, ce cristal devient lumineux *pendant qu'il se refroidit*, cesse de luire quand il a pris la température du liquide, et *luit de nouveau pendant qu'il se réchauffe*.

Pendant le refroidissement, *la lueur émise est intermittente* : elle se produit par éclairs variables, rappelant les lueurs que l'on obtient quand on agite des cristaux de nitrate d'urane dans un flacon de verre.

Pendant que le cristal plonge dans l'air liquide, et alors même qu'il est obscur, si l'on vient à le frotter contre les parois du

récipient de verre qui contient le liquide, il se produit une lueur qui rappelle celle que produit le frottement du mercure dans le vide barométrique.

Lorsqu'on sort le cristal du liquide, il se met de nouveau à luire, et la lueur cesse lorsque l'équilibre avec la température ambiante est rétabli.

Si l'on répète plusieurs fois de suite cette expérience avec le même cristal, il ne tarde pas à se désagréger en menus fragments.

Enfin, des cristaux de sulfate double d'uranium et de potassium n'ont manifesté aucun de ces phénomènes ni par refroidissement, ni par frottement dans l'air liquide.

Ces faits cadrent bien avec l'hypothèse de M. Dewar, et ne s'expliquent plus quand on attribue cette luminosité à une modification notable dans l'émission du rayonnement de l'uranium refroidi (1).

Si l'on considère, dit M. Dewar, que l'air et l'hydrogène liquide sont deux corps très isolants, le fait que des décharges électriques se produisent dans de telles conditions prouve que la tension électrique engendrée par le refroidissement doit être excessive. De fait, un cristal de nitrate d'urane prend, dans le liquide réfrigérant, une charge électrique tellement élevée que, malgré sa densité qui vaut 2,8 fois celle de l'air liquide, il ne s'enfonce pas, mais s'attache fortement aux parois du vase ; soulevé au-dessus de la surface du liquide, il fait disparaître rapidement le brouillard qu'y produit l'évaporation en l'attirant à sa surface.

Radio-activité. — W. Smith a découvert, en 1873, que la résistance électrique du sélénium diminue sous l'action de la lumière. Perreau a montré, en 1899, que les rayons Röntgen produisent, sur le sélénium, une action comparable à celle de la lumière. Des expériences récentes de E. Bloch ont mis en évidence une action des rayons du radium sur le sélénium, du même ordre de grandeur que les précédentes, mais plus lente (2).

On sait que les rayons Röntgen agissent énergiquement sur la peau, provoquant l'inflammation et des plaies douloureuses et rebelles. Des expériences de Wolkoff, Giesel, Curie et Becque-

(1) Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris, t. CXXXIII, 1901, p. 199.

(2) Comptes rendus, t. CXXXII, 1901, p. 914.

rel ont montré une action physiologique absolument semblable des rayons du radium (1).

L'acide iodique se décompose en iode et oxygène, sous l'influence de la lumière. M. Berthelot, auquel on doit cette observation (2), a constaté que le radium produit le même effet dans l'obscurité (3).

Cette réaction est endothermique, c'est-à-dire qu'elle s'accompagne d'une consommation d'énergie.

Le radium, comme la lumière, décompose aussi l'acide azotique monohydraté, et cette réaction est également endothermique.

D'autre part l'acétylène gazeux, très sensible à l'action de l'effluve électrique, paraît insensible à l'action du radium comme à celle de la lumière. Le radium semble également impuissant à déterminer l'oxydation de l'acide oxalique dissous par l'oxygène libre. Ces deux dernières réactions sont exothermiques (4).

Mais voici une observation où l'influence du radium paraît s'exercer à la fois dans les deux sens thermiques. Les tubes scellés qui renferment la substance active noircissent, en même temps que les parties du verre contiguës aux régions noircies prennent parfois une coloration violette. Il paraît s'agir ici d'un double phénomène, accompli simultanément sous l'influence des radiations du radium : la réduction du plomb, endothermique, et la suroxydation du manganèse, exothermique. Ces deux phénomènes pourraient résulter des actions concomitantes de deux ordres de radiations ; à moins que l'on veuille admettre ici une électrolyse véritable, une ionisation, accomplie dans l'épaisseur du verre, sous l'influence des radiations du radium et des actions secondaires qui auraient accompagné cette électrolyse.

M. et Mme Curie avaient observé ces colorations très intenses tantôt violettes, tantôt brunes, des verres de toute espèce sous l'influence du radium (5). On peut rapprocher ce fait de la coloration des tubes à vide producteurs des rayons Röntgen après un long usage. La porcelaine, le papier, etc., subissent des actions

(1) Comptes rendus, t. CXXXII, 1901, p. 1289.

(2) Annales de chimie et de physique (7) t. XV, 1898, p. 340.

(3) Comptes rendus, t. CXXXIII, 1901, p. 659.

(4) Les réactions exothermiques sont celles qui s'accompagnent d'un dégagement de chaleur; le rayonnement du radium peut n'y jouer qu'un rôle excitateur, le travail chimique dépendant principalement des corps en présence.

(5) Comptes rendus, t. CXXIX, 1899, p. 823.

analogues. Dans certaines circonstances il y a production d'ozone dans le voisinage des composés très actifs. Nous empruntons la plupart de ces données à une note que M. Becquerel a présentée à l'Académie des sciences (1) à la suite de la communication de M. Berthelot citée plus haut.

On sait, ajoute M. Becquerel, que le rayonnement du radium se compose : 1° d'une partie déviable par un champ magnétique ou électrique, et identique au rayonnement cathodique ; 2° d'une partie non déviable dont une fraction est très absorbable, et dont l'autre, extrêmement pénétrante, échappe partiellement aux mesures par la difficulté que l'on éprouve à arrêter et à transformer en énergie absorbable l'énergie qu'elle transporte au travers des corps.

La partie déviable comprend une infinité de rayons inégalement déviables et inégalement absorbables, dont il conviendrait d'étudier séparément les actions. C'est une analyse spectrale d'un nouveau genre.

Partant de l'hypothèse balistique, telle qu'elle a été édifiée pour l'explication des rayons cathodiques, M. Becquerel a déterminé la force vive pour un faisceau déviable bien déterminé. Il a trouvé que l'énergie moyenne par centimètre carré correspondait à 10^{-5} calories environ en vingt-quatre heures. Ces considérations sont intéressantes, mais elles laissent entière l'énigme que soulève la spontanéité du rayonnement des substances radifères.

En dehors des réactions endothermiques signalées par M. Berthelot, la plupart des actions chimiques, provoquées par le rayonnement du radium, comme par la lumière, sont exothermiques. Il en est ainsi de la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge sous l'influence de ce rayonnement, ainsi que de la réduction du bichlorure de mercure, en présence de l'acide oxalique : les rayons du radium, comme ceux de la lumière ordinaire, provoquent la formation d'un dépôt de calomel.

En terminant, M. Becquerel cite cette expérience, entreprise à son laboratoire par M. Louis Matout : des graines de cresson alénois et de moutarde blanche, exposées pendant une semaine, ou même davantage, au rayonnement du radium ont perdu complètement la faculté de germer.

Lumière des bacilles phosphorescents de la mer Baltique (2). — M. I. Torchanoff résume, dans une note présentée

(1) Comptes rendus, t. CXXXIII, 1901, p. 709.
(2) Comptes rendus, t. CXXXIII, 1901, p. 246.

à l'Académie des sciences, une longue série d'expériences concernant l'activité lumineuse de ces bacilles. Nous en extrayons les renseignements suivants.

Les cultures fraîches et pures donnent la plus forte lumière, surtout quand le bouillon est en mouvement et se mélange à l'air.

L'émission lumineuse de ces bacilles est une des manifestations de leur respiration: elle est intimement liée à la consommation de l'oxygène.

Au repos, la couche lumineuse se localise vers la surface libre, en contact avec l'air atmosphérique.

Les bacilles résistent beaucoup mieux au froid qu'à la chaleur. La température optima serait voisine de 7° à 8° C. Ils émettent encore de la lumière à — 4° C. et même vers — 6° à — 7° C., température de congélation du bouillon. On a alors de la *glace lumineuse*. Elle s'éteint après quelques heures: mais elle redevient lumineuse par la fusion.

L'échauffement affaiblit la lumière, qui s'éteint de 34° à 37° C. pour se rallumer par le refroidissement. L'échauffement jusqu'à 51° anéantit définitivement la lumière.

Les anesthésiques : eau éthérisée, chloroformée, alcoolisée, suppriment presque subitement la lumière: des poisons énergiques, tels que la strychnine ou le curare, paraissent indifférents.

Les courants induits et galvaniques très forts, provoquent en quelques minutes la localisation de la lumière à l'électrode négative, où elle disparaît finalement; mais l'introduction de l'air dans le bouillon fait, en général, reparaître la lumière.

En introduisant quelques centimètres cubes de bouillon lumineux dans le sac lymphatique dorsal d'une grenouille, on voit l'animal s'illuminer peu à peu, surtout dans les parties transparentes. La langue surtout reluit. La lumière disparaît après trois ou quatre jours et la grenouille revient à son état normal. Cette expérience ne réussit pas sur les animaux à sang chaud, puisque les bacilles phosphorescents s'éteignent à la température de 36° à 38° C.

Expérience. — M. D. Negreano signale une expérience intéressante que l'on réalise généralement moins simplement (1).

Si l'on réunit directement l'un des pôles de l'excitateur d'une

(1) Comptes rendus, t. CXXXII, 1901, p. 1404.

machine Whimshurst à un bout de fil métallique tendu, isolé et contenu dans un tube, l'autre pôle de la machine étant au sol, le fil métallique effectue des vibrations transversales. Dans l'obscurité, on voit des parties alternativement lumineuses et obscures : si le fil est attaché au *pôle positif* de la machine, ce sont des lignes brillantes équidistantes, plus larges vers le milieu, amincies aux bords ; si le fil part du *pôle négatif*, ce sont des points lumineux équidistants, tout le long du fil.

L'expérience a été réalisée avec un tube de verre de 2,50 mètres de longueur et 60 millimètres de diamètre ; le diamètre du fil métallique mesurait 2,5 millimètres.

Si l'on tend parallèlement, dans l'air, deux fils métalliques de même longueur, attachés respectivement aux deux pôles de la machine, les autres bouts étant libres, les fils entrent en vibration. Dans l'obscurité, sur le fil attaché au pôle négatif, on voit une série de points lumineux équidistants ; sur le fil positif, une série de lignes lumineuses dont les milieux correspondent aux points brillants du premier fil.

L'expérience est très brillante, ajoute l'auteur, " si les deux fils sont soudés aux extrémités d'un tube de verre : les lignes et les points lumineux apparaissent très lumineux. Si les deux fils sont suffisamment rapprochés, l'expérience réussit également en attachant l'un des fils à l'un des pôles de la machine, tandis que l'autre fil est réuni au sol. On pourrait, dans ce dernier cas, considérer les deux fils comme les deux armatures d'un condensateur. „

J. T.

MÉDECINE

Les propagateurs de la Filariose, du Paludisme et de la Fièvre jaune. — Parmi les parasites les plus redoutables de notre espèce on peut citer la filaire du sang, Filaria Bancrofti, donnant naissance à diverses formes cliniques tels que l'éléphantiasis des Arabes, les abcès lymphatiques des membres et du scrotum et la chylurie endémique. Ces nématodes habitent l'Australie, les Indes, le Brésil, les Antilles, les Guyannes, le

Japon et la Chine où ces affections sont particulièrement fréquentes. A l'état adulte cet helminthe ne peut franchir les ganglions lymphatiques, mais les jeunes filaires arrivent jusqu'aux vaisseaux sanguins. L'examen microscopique montre que les embryons s'observent seulement entre cinq et six heures du soir et de huit à neuf heures du matin.

Pendant le jour, ils séjournent dans les gros vaisseaux du thorax et de l'abdomen. C'est au Dr Demarquaz que revient l'honneur d'avoir découvert, en 1863, les embryons de ces parasites qui, avec leur taille atteignant à peine un quart de millimètre, peuvent être au nombre de 140 000 chez un seul individu. Après avoir constaté la périodicité nocturne de ces nématodes, le Dr Manson fut enclin à croire que les moustiques venant piquer l'homme pendant son sommeil étaient les propagateurs de la filariose. En 1884, confirmant l'exactitude de ses suppositions, il signala que les culicides en buvant le sang introduisaient dans leur estomac un certain nombre d'embryons de filaires. On sait qu'avant d'arriver à l'état parfait les Distoma, les Tetranychus, les Taenia, les Botriocephalus et d'autres parasites accomplissent leur entier développement en passant par un ou deux hôtes intermédiaires. Dès que les embryons de filaires sont arrivés dans l'estomac du moustique, ils quittent leur gaine, traversent le tissu intestinal et gagnent les interstices des vaisseaux musculaires où ils vont passer à l'état larvaire. Manson et Löw ont constaté que, pendant les dix-sept premiers jours, les parasites séjournent dans les muscles du thorax et, après ce temps, dans le tissu conjonctif du prothorax. Après quelques jours, ils atteignent le pédoncule céphalo-thoracique, se réunissent au-dessous de l'œsophage et aboutissent alors entre les stylets et la gaine de la pipette du culicide. D'après le Dr Bancroft l'hôte intermédiaire de la filaire n'est autre que le Culex ciliaris d'Australie. Cette détermination, si elle est exacte, permet de comprendre comment des cas d'éléphantiasis, vraisemblablement produits par une espèce voisine, ont été constatés en Espagne et en Bretagne chez des personnes n'ayant jamais quitté leur pays natal. Dans l'Inde, l'agent de la transmission paraît être l'*Anopheles Rossi*.

C'est en 1880 que le Dr Laveran découvrit l'hématozoaire du paludisme. Les hypothèses les plus fantaisistes furent émises pour expliquer sa présence chez l'homme. Quelques médecins se figurèrent que c'était par l'eau de boisson que les germes de l'affection arrivaient dans le tube digestif, les tissus lymphatiques

et les vaisseaux sanguins. Pour d'autres praticiens la malaria (mauvais air) pouvait transmettre les redoutables parasites. Se basant sur les observations du Dr Manson, le Dr Laveran pensa, dès 1884, et sa manière de voir fut acceptée par Dionisi, Ross, Manson et Grassi, que les moustiques étaient probablement les vrais propagateurs du paludisme. Le Dr Ross entreprit des recherches à ce sujet mais elle ne furent pas couronnées de succès. Trois ans plus tard, reprenant de nouveau la même question, il fit piquer par des culicides sains des oiseaux atteints de paludisme en observant rigoureusement le développement du parasite dans le corps du moustique.

Chez les oiseaux d'abord indemnes, mais qui furent ensuite exposés aux piqûres de ces insectes, il trouva d'autres hématozoaires, les *Proteosoma Labbé*, voisins de ceux observés par le Dr Laveran. En étudiant l'étiologie du paludisme en Italie, le Dr Grassi signala que cette affection est particulièrement fréquente lors de l'éclosion en nombre des *Anopheles claviger*. Après avoir récolté, le 20 octobre 1898, des Anophèles infestés, il les introduit dans une chambre d'hôpital habitée par deux personnes qui voulurent bien se soumettre à l'expérience qu'il allait tenter. Dès le 1er novembre un des malades présentait déjà les symptômes du paludisme. Au mois de décembre 1898, le Dr Grassi publia une étude complète du cycle évolutif de l'hématozoaire de l'homme et il commença à faire plusieurs observations de contrôle pour démontrer l'entière véracité de sa première découverte. Un individu paludique fut piqué par des Anophèles sains. Ceux-ci s'infestèrent à leur tour et communiquèrent la maladie à un individu en parfaite santé. Malgré ces faits si concluants, des naturalistes et des médecins persistèrent encore à croire que les moustiques puisaient peut-être les germes morbides du paludisme dans l'eau des marais. Pour démontrer l'inanité de cette supposition, le Dr Grassi fit la contre-épreuve de ses premières expériences. Il captura des Anophèles dans les endroits reconnus comme étant les plus paludiques. Pendant trois mois aucun cas d'infestation ne se manifesta chez des individus piqués par des Anophèles à peine éclos. C'est donc bien en absorbant le sang d'un individu paludique que les culicides s'infestent et transmettent à d'autres personnes les germes de cette redoutable affection. Le développement de l'hématozoaire présente un cycle endogène ou asexué se passant dans le corps de l'homme, et un cycle exogène ou sexué poursuivant son ontogénie chez les Anophèles. En examinant, avant un accès de

fièvre paludique, le sang d'un individu non soumis au traitement quinique, on constate la présence de minuscules corps amiboïdes à l'intérieur des globules sanguins. Un certain nombre de ces corps, mais à grains segmentés, précèdent l'apparition des premiers symptômes fiévreux. Le noyau primitif donne naissance à des noyaux secondaires allant se loger à la périphérie du globule. Le protoplasme se segmente à son tour et il se forme bientôt des mérozoïdes qui s'éliminent lors de la rupture des globules et envahissent peu à peu tout l'organisme. Le nombre des mérozoïdes varie suivant que les malades sont atteints d'une fièvre tierce ou quarte. Metschnikoff, Laveran et Labbé pensaient que les *Plasmodium malariae, vivax* et *praecox* ne sont que des variétés d'une même espèce. Pour les auteurs italiens ces hématozoaires à corps en rosace représentent des formes distinctes. D'après le Dr Laveran, il n'y a en réalité qu'une espèce et deux variétés. Les corps en forme de croissant qu'on trouve dans certaines formes cliniques bien déterminées, sont considérés par la plupart des parasitologues comme l'état enkysté des *Plasmodium*. Les deux sexes de l'hématozoaire ne se développent que chez les Anophèles. Dès qu'un de ces culicides vient piquer un individu infesté de paludisme, il introduit dans son organisme, par l'intermédiaire du sang, des corps sphériques et en croissant. Quelques-uns des premiers, les microgamètes ou femelles, restent intacts alors que les seconds se transforment en corps flagellés lors de la prolifération du noyau et produisent des particules chromatiques qui, à leur sortie de la masse protoplasmique, ont l'aspect de filaments extrêmement ténus. Suivant le Dr Laveran les flagelles ou filaments du corps sphérique, très mobiles et devenant libres après peu de temps, peuvent être considérés comme l'état adulte de l'hématozoaire. Pour Metschnikoff et Simond ils sont voisins des microgamètes des coccidies. Mac Callun confirma l'exactitude de ces observations en disant que les flagelles paraissent être analogues aux spermatozoïdes de notre espèce. Marchal et Koch vérifièrent les recherches de Mac Callun en étudiant d'autres hématozoaires tels que les *Hatteridium* des pigeons et les *Proteosoma* des moineaux. Suivant ces auteurs, la fécondation a lieu dans le tube digestif du culicide. Le zygote ou gamète fécondé pénètre d'abord dans la paroi de cet organe et arrive ensuite entre les cellules épithéliales où il se transforme rapidement. On ignore encore comment les parasites parviennent aux glandes des moustiques qui adhèrent à l'hypopharynx.

C'est Charles Finlay qui fut le premier à penser que les moustiques pouvaient être les propagateurs de la fièvre jaune ou *vomito negro*. Pendant l'épidémie qui sévit dans la ville d'Augusta, en Géorgie, il remarqua que les cas de fièvre augmentaient pendant les chaleurs, c'est-à-dire à l'époque la plus favorable au développement en masse des culicides. Après avoir capturé des moustiques venant d'être contaminés par des individus atteints de fièvre jaune, il fit piquer par ces insectes vingt-quatre personnes qui voulurent bien s'intéresser à cette expérience. Près de la moitié des sujets inoculés contractèrent la *vomito negro*, les autres n'éprouvèrent que de légers accès et purent séjourner, grâce à une certaine immunité, aux endroits les plus dangereux sans éprouver de nouveaux symptômes.

D'après Charles Finlay c'est une espèce américaine, le *Culex mosquitos*, qui serait le propagateur de la fièvre jaune dans plusieurs contrées du nouveau monde et de l'île de Cuba.

Les auteurs qui ont fait une étude spéciale de l'étiologie et de la propagation des fièvres dont nous venons d'esquisser l'histoire, sont unanimes à conclure que c'est par le comblement des marais et une lutte à outrance contre les moustiques qu'on parviendra à entraver l'apparition de ces némocères.

Les travaux de dessèchement et de plantation des marais par des Eucalyptus pourraient être confiés à des colons chinois, réfractaires à la fièvre jaune, ou à des ouvriers soumis à une médication quinique préventive et quittant les endroits infestés après le coucher du soleil. Pour la destruction de myriades de culicides, il suffit de répandre, à la surface des eaux des mares, une solution d'huile de pétrole et de goudron (10 centimètres cubes par mètre carré.)

Par ces moyens, il sera possible de réduire considérablement les cas de mortalité dus à la filariose, au paludisme et à la fièvre jaune (1).

FERNAND MEUNIER.

(1) On trouvera une bibliographie complète de ces affections parasitaires dans le mémoire du Dr J. Guiart : *Sur les moustiques, importance de leur rôle en médecine et en hygiène* (ANN. D'HYGIÈNE ET DE MÉDECINE LÉGALE, Paris, 1900). Nous nous sommes servi de ce travail pour la rédaction de cette notice.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE ET NOTES

—

Parmi les ouvrages adressés à la REVUE et dont les comptes rendus n'ont pu trouver place dans cette livraison, nous signalons les suivants :

Dr Eugen Netto. LEHRBUCH DER COMBINATORIK. Un vol. in-8° de 260 pages. Leipzig, B. G. Teubner, 1901.

Dr Moritz Kitt. GRUNDLINIEN DER POLITISCHEN ARITHMETIK. Zum Gebrauche an Handelsakademien, Höheren Handelslehranstalten und zum Selbstunterrichte. I. Theil : *Zinseszins- und Rentenrechnung.* Un vol. in-8° de IV-78 pages. II. Theil : *Tabellen.* Un vol. in-8° de 39 pages. Leipzig, B. G. Teubner, 1901.

Dr Karl T. Fischer. DER NATURWISSENSCHAFTLICHE UNTERRICHT IN ENGLAND INSBESONDERE IN PHYSIK UND CHEMIE, mit einer Uebersicht der englischen Unterrichslitteratur zur Physik und Chemie und 18 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. Un vol. in-8°, VIII-94 pages. Leipzig, B. G. Teubner, 1901.

ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR 1902. Un vol. in-16 de 850 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

Voici les titres des notices scientifiques, nous aurons l'occasion d'y revenir : *La télégraphie sans fil*, par M. H. Poincaré ; *Les courants polyphasés*, par M. A. Cornu ; *Sur l'application de la division décimale du quart de cercle à la pratique de la navigation*, par M. E. Guyou ; *Observatoire du sommet du mont Blanc, création et travaux*, par M. J. Janssen.

Bellino Carrara, S. J. LA SELENOGRAFIA ANTICA E MODERNA. Studio storico-scientifico. IIa edizione. Un vol. in-8° de 202 pages, avec cartes et figures. Pavie, 1901.

Excellente monographie de la Lune, publiée d'abord dans la RIVISTA DI PHYSICA, et dont nous donnerons l'analyse dans notre prochaine livraison.

Fabio Invrea. ELEMENTI DI FISICA. Volume secundo, fascicolo 2°. *Ottica.* Un vol. in-8° de XVIII-150 pages. Torino, Unione Tipografico-Editrice, 1901.

Ce fascicule complète le traité de Physique dont la REVUE a analysé le premier volume (2e série, t. XVII, 20 avril 1900, pp. 613-616) et annoncé le fascicule précédent (2e série, t. XX, 20 octobre 1901, p. 708). Le second volume est digne du premier et forme avec lui un manuel excellent dont l'originalité, la rigueur, la clarté et la mise au point méritent tous les éloges. Nous avons indiqué, à propos du premier volume, les principes qui ont guidé l'auteur dans la composition de son livre et les idées qu'il professe à l'égard des hypothèses et des théories physiques. Dans la préface qu'il a mise en tête du second fascicule du tome II, il répond aux objections qui lui ont été faites.

M. W. Travers. THE EXPERIMENTAL STUDY OF GASES. Un vol. grand in-8° de XIV-324 pages. Londres, Macmillan, 1901.

Le nom de l'auteur garantit la valeur de ce traité *pratique* de tout ce qui concerne l'étude des gaz. Il nous est arrivé trop tard pour que nous ayons pu en donner, dans cette livraison, un compte rendu détaillé.

Gino Loria. LA SCIENZE ESATTE NELL' ANTICA GRECIA. Libro III. Il substrato matematico della Filosofia naturale dei Greci; Libro IV. Il periodo argenteo della Geometria greca. Deux fascicules in-4°, extraits des MEMORIE DELLA R. ACCADEMIA DI SCIENZE ED ARTI DI MODENA. Modena, 1900.

Les recherches historiques du savant professeur de l'Université de Gênes seront analysés dans un prochain bulletin de l'*Histoire des sciences.*

Émile Duclaux. L'HYGIÈNE SOCIALE. Un vol. in-8°, de 271 pp. Paris, Alcan, 1901.

Comte Domet de Vorges. SAINT ANSELME. (Collection : *Les grands philosophes).* Un vol. in-8°, de VI-335 pages. Paris, Alcan, 1901.

Ces deux ouvrages seront analysés dans la prochaine livraison.

—

La Société scientifique de Bruxelles a perdu un de ses membres les plus distingués dans la personne de M. l'amiral **de Jonquières**, décédé le 12 août 1901, à Monans-Sartoux, près Grasse. Voici en quels termes, M. Fouqué, président de l'Académie des

Sciences de Paris, a annoncé la mort de M. de Jonquières à ses collègues.

" L'amiral faisait partie de notre Compagnie depuis 1863 ; il avait remplacé Breguet comme membre libre.

„ Suivant la voie tracée par Chasles, ses travaux en géométrie avaient depuis longtemps fait connaître son nom au monde savant. La haute situation qu'il occupait dans la marine, les services qu'il y avait rendus, le désignèrent aux suffrages de nos confrères, et, une fois élu, chacun put se rendre compte que l'Académie se complétait d'un érudit distingué qui bientôt ne compta parmi nous que des amis (1). „

A la séance publique annuelle du 16 décembre 1901, M. Fouqué, dans son allocution présidentielle, parlant des membres de l'Académie décédés au cours de l'année 1901, évoque le souvenir de l'amiral de Jonquières. "... Marin avant tout, il a passé trente-six ans en mer avant de devenir vice-amiral et a pris part à tous les progrès de notre marine (création d'une flotte à vapeur, torpilles, etc.).

" Néanmoins, il suivait avec intérêt les progrès de la géométrie supérieure et en étudiait les problèmes dès que son service lui laissait quelques moments de liberté. Dans ses voyages, il emportait avec lui les Œuvres de Poncelet et de Chasles et les méditait. De 1855 à 1866, assis sur son banc de quart, il a écrit une série de Mémoires dont Cayley, en Angleterre, a admiré " la magnifique généralité „, tandis que Hesse, en Allemagne, s'étonnait de voir un marin résoudre des problèmes que lui-même n'aurait pas songé à poser.

„ Ces travaux, trop tôt interrompus par les exigences du service, montrent, en effet, de grandes qualités d'invention. Ils renferment beaucoup d'idées originales qui, reprises et développées plus tard par d'autres, leur ont assuré une légitime réputation. Mais il ne serait pas juste d'oublier que de Jonquières a été leur précurseur.

„ Ainsi, c'est lui qui a donné le premier exemple de ces transformations dont l'étude systématique a illustré le nom de Cremona.

„ Il a abordé le premier le problème des courbes à contacts multiples, repris avec tant de succès par Clebsch.

„ Mais son principal titre est d'avoir été le premier créateur de la théorie des caractéristiques complétée successivement par

(1) Comptes rendus, t. CXXXIII, 1901, p. 377.

Chasles et par Halphen, ce qui suffit à lui assurer un nom durable dans l'histoire des Mathématiques. »

Parmi les lauréats de l'Académie des Sciences à Paris, nous sommes heureux de signaler à nos lecteurs l'un de nos plus dévoués collaborateurs, membre de la Société scientifique de Bruxelles et l'un de ses anciens présidents, **M. Aimé Witz**, professeur aux Facultés catholiques de Lille, qui reçoit le prix Montyon (mécanique) pour l'ensemble de ses travaux.

Un autre membre de la Société scientifique, M. l'abbé **Verschaffel**, directeur de l'Observatoire d'Abbadia, partage avec M. Saint-Blancot le prix Baron de Joest.

Nous offrons à nos collègues nos cordiales félicitations.

Les Pères de la Compagnie de Jésus, en Espagne, ont inauguré au mois de septembre dernier, la publication d'une revue mensuelle intitulée Razón y Fe (Raison et Foi). Ce titre indique assez le but de cette nouvelle publication. Son cadre est très large : les sciences physiques et naturelles y ont leur place à côté des sciences sacrées et ecclésiastiques, du droit canonique et civil, de l'histoire, de la philosophie, de la littérature et des beaux-arts. Nous souhaitons grands succès à nos nouveaux frères d'armes.

Le compte rendu consacré aux *Œuvres scientifiques* de Robin (Voir cette livraison p. 267) était imprimé quand nous est parvenu le Bulletin des Sciences mathématiques (2e série, t. XXV, novembre 1901). On y trouvera une magistrale étude de M. Duhem sur le second fascicule, la *Thermodynamique générale*.

Les journaux ont annoncé récemment le succès d'expériences de *télégraphie sans fil* à travers l'Atlantique. Voici, à ce sujet, quelques renseignements que nous apporte la publication américaine, Electrical Review, du 21 décembre 1901 : ils compléteront ce qui est dit plus haut (p. 326), dans le *Bulletin des sciences industrielles*, des recherches de M. Marconi.

En se rendant, il y a quelques semaines, d'Angleterre en Amérique, M. Marconi avait pris tous les arrangements nécessaires pour que, à de fréquents intervalles et pendant trois heures par jour, on transmît, de sa station de Poldhu, en Cornouailles, les signaux correspondant à la lettre S. Lui-même, arrivé en Amérique, improvisa une station réceptrice à Saint-Jean de

Terre-Neuve. L'antenne aérienne fut suspendue à un cerf-volant qui s'éleva à la hauteur de 400 pieds. L'appareil récepteur était d'un type nouveau et mis, autant que possible, à l'unisson de l'appareil expéditeur.

Le 14 décembre, une succession de signaux répondant à la lettre S fut de fait très distinctement reçue à cette station ; il en fut de même le lendemain, mais cette fois avec moins de netteté M. Marconi attribue cette variation dans la transmission en partie aux changements d'altitude du cerf-volant, qui fut assailli par le mauvais temps, et en partie au récepteur lui-même qui, pour être rendu extrêmement sensible, exigeait un réglage constamment renouvelé.

Le rapport de M. A. de la Baume-Pluvinel sur l'observation, faite au Caire, de l'éclipse annulaire de Soleil du 11 novembre 1901, a été présenté à l'Académie des sciences de Paris, par M. J. Janssens, le 23 décembre dernier, et publié dans les Comptes rendus, t. CXXXIII, pp. 1180-1186. Signalons, entre autres résultats, la confirmation de l'absence d'atmosphère sensible autour de la Lune.

ATOMES ET MOLÉCULES

C'est une chose bien curieuse que la profonde diversité des appréciations auxquelles les hommes de science peuvent être conduits, selon la tournure de leur esprit, quand ils cherchent à mesurer la portée philosophique des progrès réalisés dans la connaissance du monde matériel.

Tandis que les uns envisagent, avec une complaisance marquée, tous les efforts faits pour imprimer une précision de plus en plus grande à l'analyse des phénomènes susceptibles de se cacher sous les apparences visibles, d'autres, préoccupés surtout de l'incertitude inhérente à quelques-unes de ces représentations, s'en écartent systématiquement, pour n'accorder leur attention qu'aux grandes vues d'ensemble, peu compromettantes par leur généralité. Autant les premiers sont heureux quand une conception nouvelle semble nous faire pénétrer plus avant dans ce qu'on pourrait appeler l'intimité de la matière, autant les seconds ont l'air de redouter ce contact ; et peu s'en faut qu'ils ne mettent en cause les notions le plus solidement assises, tant est grande chez eux la crainte de s'entendre reprocher quoi que ce soit d'aventureux dans l'expression des lois de la nature.

La démonstration de ces tendances opposées a été donnée avec quelque éclat, dans le courant de l'année dernière, par la publication simultanée de plusieurs écrits remarquables, où cette divergence s'accusait de la façon la plus nette. Dans la Revue scientifique du 13 avril 1901, M. Jean Perrin a présenté un lumineux et séduisant

exposé des hypothèses moléculaires, bien fait pour accréditer l'impression que les derniers progrès de la science donnaient à ces hypothèses une force toute nouvelle. De son côté, en ouvrant les travaux de la section de physique à l'Association britannique en 1901, M. Rücker développait une thèse semblable avec une grande puissance d'argumentation. Enfin, depuis deux ans, la plume distinguée de M. Dastre s'était appliquée à rendre intelligible, pour les lecteurs de la Revue des Deux Mondes, sinon l'ensemble de la théorie moléculaire, du moins les remarquables conceptions qui en sont directement issues, à savoir la doctrine des *ions*, la cryoscopie et les phénomènes de la pression osmotique.

Par contraste, la Revue de Philosophie de 1901 publiait, sous la signature de M. Duhem, toute une série d'articles du plus haut intérêt, mais inspirés d'une tendance diamétralement contraire. L'éminent physicien, dont les lecteurs de la Revue des Questions scientifiques connaissent la science profonde et la rare vigueur de dialectique, y disséquait avec une logique impitoyable les diverses applications de la théorie moléculaire à la chimie, s'efforçant d'en faire ressortir les incertitudes et même d'y relever des contradictions.

Sa conclusion était qu'il fallait renoncer à voir, dans la matière, un assemblage d'atomes distincts, exécutant des mouvements plus ou moins compliqués, et qu'il y avait lieu de revenir à la notion aristotélicienne des *éléments* et des *mixtes*, évoluant entre eux sans qu'on y puisse affirmer d'autre loi que celle de la conservation de la masse totale. Et c'est dans les *qualités* spéciales des diverses parties de cette masse que résiderait le secret de ses transformations. Quand deux substances s'associent pour former un *mixte*, elles n'y existent plus qu'*en puissance*, sauf à être régénérées par la *corruption du mixte* ; et la notion thermodynamique du *potentiel interne* doit suffire

pour poser les équations algébriques d'où l'on tirera l'analyse des réactions.

Parce que MM. Horstmann et Willard Gibbs ont usé avec succès de cette conception pour l'étude des gaz parfaits, et tout en reconnaissant que son application aux mélanges liquides n'a pas encore donné des résultats aussi satisfaisants, M. Duhem est plein de confiance dans l'avenir de la doctrine, qui, dit-il, « édifie de nouveau la conception simple et inébranlable qu'avait formulée Aristote ».

Si l'ambition de la science doit être, comme nous le pensons, de procurer des idées nettes sur tous les phénomènes, nous doutons qu'un tel but puisse être atteint par ce retour aux traditions péripatéticiennes, à peine modifiées par les notions, inconnues au Stagyrite, de la constance des masses comme de celle de l'énergie en jeu. C'est assurément se montrer modeste que de paraître s'interdire toute recherche actuelle des différences qui peuvent exister entre un *élément* et un *mixte*, et de pousser la prudence jusqu'à ne pas se prononcer sur la question de savoir si ces mots s'appliquent à quelque chose de continu ou de discontinu. De plus, si nous croyons volontiers que les énergies de la matière sont spécifiées, du moins il nous semble que le mot de *qualité*, employé sans définition précise, doit sonner à l'oreille un peu comme ces *virtutes* d'autrefois, dont la *virtus dormitiva* de l'opium reste le spécimen le plus typique.

Pour se résigner à un tel retour en arrière, ayant à sa disposition la notion si claire des atomes et des molécules, il faudrait vraiment que cette dernière vînt se heurter à quelque grand fait d'expérience qu'elle fût impuissante à justifier. En est-il ainsi ? Même après avoir lu la sévère critique de M. Duhem, nous nous refusons à l'admettre, et il nous semble que le savant physicien s'est trop pressé de condamner, dans son principe, une doctrine dont l'expression seule pouvait avoir besoin d'être modifiée dans quelques-uns de ses détails.

La science procède par approximations successives. Elle ne saurait atteindre du premier coup, elle ne saurait même atteindre jamais, l'expression parfaite et adéquate de tous les phénomènes qu'elle étudie ; et devant certaines complications inattendues, il se peut qu'elle soit conduite à modifier, en les précisant, des formules jusqu'alors considérées comme suffisantes. Son histoire abonde en exemples de cette nature, dont le plus saillant et le plus réconfortant est celui des perturbations planétaires, si heureusement rattachées à la loi même dont elles avaient paru d'abord ébranler le crédit. Lors donc qu'une apparente contradiction se présente, c'est dans cette voie qu'il convient de chercher la solution, et mieux vaut l'attendre avec une patiente confiance que de briser impitoyablement, comme une idole à tout jamais déconsidérée, une doctrine appuyée d'autre part sur un imposant ensemble de bonnes raisons.

Depuis le jour où la chimie est entrée en possession de la loi des proportions définies et de celle des proportions multiples, la conception des atomes a cessé, ce nous semble, d'être une idée philosophique discutable, comme elle pouvait l'être au temps de Lucrèce et même de Descartes. Cette conception s'est imposée comme fournissant la seule explication rationnelle des deux lois ainsi établies. Il est évident qu'entre deux corps qui se combinent il y a juxtaposition de masses. Si, dans le résultat final, les masses combinées offrent un rapport constant, c'est sans nul doute parce que les plus petits éléments juxtaposés ont entre eux ce même rapport. Si de plus, dans tous les composés chimiques qui, par exemple, renferment du carbone et de l'hydrogène, les masses de carbone et d'hydrogène sont entre elles comme $m \times 12$ et n (m et n étant deux nombres entiers le plus souvent très simples), c'est que les masses des moindres éléments ou *atomes* de carbone et d'hydrogène sont entre elles comme 12 et 1, et que toute *molécule* contenant les deux corps renferme

nécessairement un nombre entier d'atomes de chacun d'eux.

Il est vrai qu'après avoir reconnu que cette explication, donnée par la théorie atomique, est « saisissante par sa simplicité », M. Duhem ajoute : « Qui oserait se porter garant de cette interprétation et affirmer qu'aucune autre explication ne saurait jamais être fournie ? » Après quoi, constatant « avec quelle aisance, avec quelle clarté, tous les principes de la chimie moderne viennent se ranger en un exposé d'où le nom et l'idée d'atome sont également bannis », l'éminent auteur ne saurait se défendre de penser qu'en réalité la théorie atomique « ne nous fait point connaître le vrai fondement objectif de la loi des proportions multiples, et que ce fondement est encore à découvrir ».

Nous nous souvenons d'avoir vu dans notre enfance, chez un économiste plus fertile en combinaisons que riche de profits réalisés, un dessin qui représentait un groupe de constructions avec cette légende : « Villas à bâtir sur des terrains à acquérir ». Invinciblement ce dessin nous rappelait une gravure de Callot, qui maintes fois nous avait servi de modèle, et où un groupe de bohémiens étalait sa misère avec cette devise :

> Ces povres gens, pleins de bonne aventure,
> Ne portent rien que choses futures.

C'est aussi à des « choses futures » que nous renvoie M. Duhem, et ne doit-on pas admirer avec quelle complaisance, voyant se dresser devant lui la loi fondamentale qui gouverne toutes les réactions chimiques, il consent à faire crédit à la nouvelle doctrine, qui, sans contredire cette loi, n'en rend aucun compte pour le présent ? En revanche, pour quelques imperfections de détail, qu'il ne serait peut-être pas difficile de corriger, il rejette sans hésitation l'ancienne théorie, celle qui donnait de la même loi primordiale une explication d'une lumineuse simplicité.

A la vérité, M. Duhem a tenté, au préalable, d'affaiblir la portée de la loi des proportions multiples, en nous apprenant *qu'elle n'est pas et ne peut pas être vérifiée par l'expérience* ; car, ajoute-t-il, celle-ci fournit des renseignements affectés d'une erreur qui va diminuant sans cesse, mais qui n'est jamais nulle. De la sorte (et ici nous continuons à citer le savant auteur), aucun procédé d'analyse chimique ne peut donner l'exact rapport entre la masse du carbone et la masse de l'hydrogène dans un composé chimique. Nous pouvons seulement connaître deux nombres A et B, entre lesquels ce rapport est compris. Or, entre deux nombres A et B, si rapprochés qu'on les suppose, on peut toujours en insérer une infinité d'autres, tels que chacun d'eux puisse être considéré comme le produit de 12 par un facteur commensurable ou non. D'où cette conclusion, que la loi des proportions multiples est, par nature, *transcendante à l'expérience* (1).

Voilà, nous semble-t-il, une déclaration singulièrement grave, à tout le moins bien dangereuse par le parti qu'en pourront tirer les sceptiques. Ce n'est pas le raisonnement qui a fait découvrir la loi en question. C'est la balance, autrement dit l'expérience ; cependant, puisque la loi est réputée transcendante à l'expérience, cela veut dire qu'on a, sans droit, tiré des faits observés une conclusion qui n'y était pas contenue.

Mais alors, toutes les lois naturelles, sans exception, tombent sous la même condamnation ; car il n'en est pas une qui ne dérive de l'interprétation d'un certain nombre de mesures expérimentales ; d'où il suit que toutes sont, au même titre, transcendantes aux expériences qui ont servi à les établir. Que devient la science dans cette conception, sinon une vaste tromperie, par laquelle notre esprit, affamé, on ne sait trop pourquoi, d'une idée d'ordre purement subjective, en cherche la réalisation dans

(1) REVUE DE PHILOSOPHIE, article du 1er juin 1901.

des observations qui, par un singulier mirage, s'accordent pour accréditer en lui l'illusion dont il se berce ?

Représentons-nous un physicien, en train d'observer des cordes vibrantes. Il remarque que, si la longueur d'une corde vient à diminuer de moitié, le nombre des vibrations exécutées en un temps donné sera doublé. Cette constatation l'enchante et, après l'avoir maintes fois vérifiée dans les circonstances les plus diverses, il va la formuler en loi, quand un philosophe l'arrête, et le gourmande d'avoir attribué à ses mesures une confiance exagérée. « Eh quoi ! lui dit-il, vous prétendez, que les longueurs, des cordes dont vous avez compté les vibrations sont entre elles comme 1 et 2 ? Qui vous permet d'affirmer que le rapport n'est pas celui de 9999 à 20 000 ou à 20 001, au mieux encore, celui de 9999,95 à 20 001,67 ? De quel droit franchissez-vous la barrière entre vos expériences, toujours défectueuses par quelque point, et la proclamation d'une loi qui leur est transcendante ? »

Ne croirait-on pas entendre le Marphurius de Molière, enseignant à Sganarelle qu'il ne doit pas dire : « Je suis venu », mais « Il me semble que je suis venu » ? Et cela parce que « notre philosophie nous ordonne de ne point énoncer de proposition décisive, de parler de tout avec incertitude, de suspendre toujours son jugement ». Des raisonnements de ce genre pourront avoir quelque prise sur ceux qui, à l'inverse du bonhomme Chrysale, se nourrissent de « beau langage » plus que de « bonne soupe ». Libre à ces abstracteurs de quintessence de mettre ainsi en suspicion la légitimité de toutes nos connaissances, sous prétexte que l'absolu, dont ils ont la prétention de faire leur nourriture exclusive, n'est pas de ce monde. Nous, qui avons conscience de notre contingence, nous ne demandons pas à trouver, dans le monde extérieur, plus de réalité que nous ne nous en attribuons à nous-mêmes ; et quand nous voyons toute une catégorie de faits d'expérience converger manifestement vers une ren-

contre commune, il ne nous vient pas à l'esprit que cette convergence puisse être taxée d'illusion.

Reconnaissons du reste que M. Duhem se défend de pousser son principe jusqu'à ses extrêmes conséquences. C'est lui-même qui le déclare : « La nature soutient la raison impuissante et l'empêche d'extravaguer à ce point ». Aussi, tout en se hasardant à qualifier la loi des proportions multiples de *postulat*, accorde-t-il que ce postulat peut être justifié *à posteriori* par la puissance et la fécondité du système chimique dont il serait la base.

Mais encore une fois, pourquoi ce mot de postulat ? En cherchant bien, voici ce que nous croyons entrevoir. En présence d'une foule de données d'expérience, qui concordent à de minimes différences près, l'instinct de l'*ordre* qui doit régner dans la création nous conduit tout naturellement à attribuer ces différences aux erreurs d'observation : et c'est ainsi qu'on est amené à formuler une loi simple, au lieu d'admettre un perpétuel caprice de la nature, se plaisant à adopter tour à tour des solutions infiniment voisines, mais réellement distinctes les unes des autres. Serait-ce dans cette idée de l'ordre naturel des choses, jugée par lui transcendante, que M. Duhem verrait un postulat ? Ce n'est pas, en tout cas, dans la Revue des Questions scientifiques qu'on doit éprouver le besoin de s'en disculper. Mais d'autres ne recueilleront-ils pas avec empressement ce qualificatif, heureux de s'en servir pour refuser toute signification objective aux constatations de la science ?

Mais laissons ce débat, qui est venu se greffer sur la question chimique, en l'élargissant singulièrement, et que nous n'avons soulevé que pour dénoncer des tendances à nos yeux très dangereuses. M. Duhem ne se refuse pas a admettre que la notation fondée sur les hypothèses atomiques a été essentiellement féconde, ayant « engendré des découvertes qui ont transformé la science et bouleversé l'industrie ». Pourquoi donc qualifie-t-il plus loin

son triomphe de « victoire apparente et sans lendemain » ? Uniquement parce que les conceptions *actuelles* de la stéréochimie seraient impuissantes à rendre compte des atomicités multiples.

Or si la stéréochimie de MM. Le Bel et Van 't Hoff a été un grand progrès sur la notation polygonale, elle-même de beaucoup supérieure à l'ancienne notation linéaire, n'est-il pas à croire que l'idée n'a encore trouvé qu'une expression rudimentaire, et que celle-ci serait facilement perfectionnée, de manière à fournir la formule nouvelle qui résoudrait la difficulté signalée ? Au lieu d'employer ses rares facultés à la solution de ce problème de détail, M. Duhem préfère exécuter un saut dans l'inconnu, laissant à l'avenir le soin de révéler comment la théorie à laquelle vont ses sympathies pourra donner la raison du fait primordial des proportions multiples. Sans savoir si cette satisfaction lui sera un jour donnée, il goûte du moins celle de ne rien trouver sur son chemin qui ressemble à une hypothèse, et ne cache pas sa jouissance de n'avoir plus affaire, dans la nouvelle mécanique chimique, qu'à des quantités susceptibles d'une mesure directe.

En effet, dit-il : « Les définitions, les propositions de la mécanique chimique ne porteront, en dernière analyse, que sur des grandeurs représentant des propriétés physiques mesurables ; la mécanique chimique, ainsi constituée, ne se piquera pas de nous faire pénétrer jusqu'au cœur même de la matière, de nous révéler le *quid proprium* des réactions chimiques ; son but, plus modeste mais plus sûr, sera de classer et d'ordonner les lois que l'expérience nous permet de découvrir ; l'accord de ses corollaires avec les faits sera pour elle le criterium de la certitude (1) ».

Qu'un tel résultat soit digne par lui-même d'être pour-

(1) Revue de Philosophie, article du 1er octobre 1901.

suivi, nul ne le contestera. Mais cette ambition doit-elle suffire à la science ? Ce n'est pas l'avis de M. Rücker, à qui nous allons, pour un instant, laisser la parole :

« Une grande école de chimistes, dit-il, s'appuyant sur la thermodynamique de Willard Gibbs et sur les intuitions de Van 't Hoff, a montré, avec une merveilleuse habileté, qu'étant donné un nombre suffisant de données d'expérience, la thermodynamique fournit le moyen d'exprimer, sans le secours de la théorie atomique, les relations qui existent entre beaucoup de phénomènes physiques et chimiques. *Mais cette méthode n'envisage que la nature, telle que nos sens rudimentaires la connaissent.* Elle ne prétend nullement approfondir les choses. Aussi, malgré mon très grand respect pour ses auteurs, et tout en reconnaissant l'énorme puissance des armes qu'ils emploient, je crois pouvoir dire que cette méthode ne saurait être considérée comme le dernier mot de la science dans ses efforts pour la conquête de la vérité. »

En effet, il est permis de dire que la nouvelle doctrine est moins une étude de la matière proprement dite qu'un essai de théorie générale de l'*énergétique*. Qu'à ce point de vue elle atteigne sûrement son but, nous ne le contesterons pas ; peut-être même des mathématiciens diront-ils qu'elle y conduit parfois plus directement que la théorie fondée sur l'attraction des atomes, bien que, en cherchant à exprimer non plus seulement l'action isolée d'un atome sur un autre, mais celle que doit subir un élément de la part de tous les autres, on puisse donner à la théorie courante une forme qui revient à la considération d'un potentiel.

Mais, d'une façon comme de l'autre, il s'agit toujours d'une théorie mathématique, c'est-à-dire ramenée à des formules qui ont bientôt fait de perdre tout lien apparent avec la réalité. Telles, par exemple, les six équations différentielles qui servent de base à la théorie électromagnétique de la lumière, et auxquelles on serait fort

embarrassé d'attribuer une signification objective. Les mathématiciens ont le droit de s'en contenter, et même d'exprimer quelque satisfaction de les voir si fécondes. Seulement il est permis à d'autres de vouloir pénétrer plus avant dans la connaissance des choses, et de ne pas se tenir systématiquement à une aussi grande distance du monde concret.

A cet égard, qu'on veuille bien nous permettre une comparaison. Au lendemain d'une campagne militaire, fertile en rencontres décisives, un professeur de tactique fera sans nul doute œuvre utile, s'il entreprend de résumer à grands traits, comme un lumineux enseignement d'ensemble, le rôle qu'ont joué en bloc les différentes armes, infanterie, cavalerie, artillerie, services auxiliaires. Mais s'il lui prenait fantaisie de qualifier de chimères et d'illusions la répartition et l'emploi de ces forces sous forme de bataillons, de régiments, d'escadrons, de batteries, ceux qui ont conduit ces unités au combat seraient sans doute fondés à lui reprocher de voir les choses de trop haut.

A la vérité, on pourra répondre que les unités militaires se voient et se touchent, tandis que les atomes et les molécules demeurent inaccessibles à toute vérification directe. Mais ici nous nous permettrons d'être d'un avis différent. Il y a des cas où la réalité de ces groupements élémentaires s'impose à notre croyance avec une force irrésistible et se fait, pour ainsi dire, toucher du doigt. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer la matière, non sous cet état de demi-décomposition, où les chimistes sont obligés de l'amener pour la rendre accessible à leurs réactions, mais telle qu'elle se présente à nous dans le monde concret et bien réel des corps cristallisés.

Entre l'état cristallin d'une substance et son état amorphe, les chimistes n'ont, jusqu'à présent, imaginé aucune distinction d'essence. Pourtant il existe, entre ces

deux manières d'être, une différence capitale au point de vue des propriétés physiques mesurables.

Tandis que, dans un corps amorphe, les propriétés sont les mêmes pour toutes les directions issues d'un même point, dans un cristal elles diffèrent selon les directions suivies, étant d'ailleurs identiques pour toutes les directions parallèles, quel qu'en soit le point de départ. Que cette identité se constate par des expériences de résistance à la rayure, ou par la figure que dessine, en fondant sous l'action de la conductibilité calorifique, une couche de cire étalée sur une face plane, ou par la mesure de l'élasticité d'une barre taillée à volonté, ou enfin par la figure d'interférence, indépendante du point observé, que fait naître l'interposition d'une lame cristalline dans un microscope polarisant, partout, dans les cristaux homogènes, le phénomène resplendit avec une indiscutable évidence ; et même l'esprit le plus récalcitrant ne peut s'empêcher d'y reconnaître une loi fondamentale de la matière cristallisée.

Cette loi se traduit d'un seul mot : c'est l'*ordonnance* des propriétés physiques ; ordonnance qui ne résulte, ni d'un parti-pris de notre jugement, ni d'une interprétation plus ou moins arbitraire de mesures à peu près concordantes, mais qui s'impose à nous, de prime abord, avec tous les caractères de l'évidence, aussi manifeste qu'on puisse espérer de la voir réalisée ici-bas.

Or cette ordonnance des propriétés physiques demeure absolument incompréhensible, si elle n'a pas pour cause une ordonnance correspondante dans les parties de la matière. Et comme une telle disposition ne pourrait pas se concevoir dans un milieu continu, cet argument s'ajoute à ceux qu'on peut tirer des variations de volume, pour nous contraindre à envisager la matière, celle du moins qui tombe sous nos sens, comme formée de parties non contiguës qui, dans un cristal, se succèdent régulièrement

sur des files rectilignes, mais à des distances variables selon les directions suivies.

On sait comment, de cette notion fondamentale, déjà reconnue par Delafosse, Bravais a tiré la conception des réseaux cristallins, en montrant que, dans un cristal, les centres de gravité des particules, identiques et semblablement orientées, occupaient les sommets d'un assemblage de parallélipipèdes égaux et régulièrement juxtaposés dans tous les sens.

Aussi longtemps qu'on a pu croire que cette représentation avait pour unique fondement la loi expérimentale dite des *troncatures rationnelles*, il était à la rigueur permis d'en contester la valeur absolue, en alléguant que les mesures goniométriques prêtent toujours à quelque incertitude, et que les cristallographes pouvaient être soupçonnés d'un peu de complaisance dans l'interprétation des données numériques. C'est d'ailleurs ce que M. Duhem n'a pas manqué de faire, dans une note au bas de la page où il discute la portée de la loi des proportions multiples.

Mais la loi des troncatures rationnelles, telle qu'elle a été découverte par Haüy, n'offre qu'une expression indirecte, et non la plus immédiatement convaincante, de l'ordonnance qui préside à la disposition des parties dans la matière cristallisée. Dût-on épiloguer sur sa valeur propre, que l'accord unanime de toutes les propriétés physiques garderait sa lumineuse signification. Encore une fois, il est logiquement impossible de justifier cette disposition, autrement que par une décomposition de la matière cristalline en une infinité d'éléments, identiques et semblablement orientés. Et puisque l'état cristallin est simplement celui que prennent les corps, lorsque leur passage de la condition de liquide à celle de solide s'effectue à l'abri de toute perturbation, il devient évident que les mêmes éléments identiques doivent exister aussi dans les corps amorphes homogènes, mais qu'ils y demeurent disséminés

sans ordre et sans relations déterminées de distance ou d'orientation.

Sommes-nous donc arrivés ainsi aux molécules chimiques ? On a pu le croire au début. Pendant longtemps, Bravais et ses continuateurs ont admis que l'élément fondamental des cristaux était le *polyèdre moléculaire*, c'est-à-dire une figure susceptible d'une définition géométrique, ayant pour sommets les atomes simples, et pour arêtes les lignes idéales menées d'un atome à un autre. De cette façon, le polyèdre ayant une forme propre, c'est-à-dire un genre défini de symétrie, on comprenait à merveille que cette forme fût la cause déterminante du choix du système cristallin, toujours invariablement lié à l'espèce du corps considéré. Il était clair que, l'état de cristal correspondant au maximum de stabilité de la matière minérale, chaque polyèdre devait s'orienter de telle sorte, que l'action des autres molécules ne dût pas tendre à le déranger de sa position. Cette condition était remplie si les éléments de symétrie du polyèdre coïncidaient avec ceux du système choisi.

D'autre part, le choix du mode de cristallisation ne pouvait s'exercer qu'entre sept variétés, seules admissibles en raison des exigences géométriques de la symétrie réticulaire. Mais le polyèdre moléculaire n'étant pas assujetti à cette condition restrictive, s'il arrivait parfois que la concordance fût complète entre la symétrie de la molécule et celle du système choisi, le plus souvent cette concordance ne devait être que partielle. Ainsi se justifiaient immédiatement l'existence et même la généralité des formes dites *mériédriques* ou incomplètement développées, jusqu'alors considérées comme de purs caprices de la nature, impossibles à faire rentrer sous une règle commune ; et la lumineuse analyse qu'en donnait Bravais méritait de passer pour un des chapitres les plus satisfaisants de la philosophie naturelle.

Cette impression ne pouvait que s'accentuer encore le

jour où Mallard, par la considération si féconde de la *symétrie-limite*, couronnait l'œuvre de Bravais, en faisant disparaître les anomalies qui avaient paru la mettre en défaut.

Tous cependant ne subissaient pas au même degré la fascination de la nouvelle doctrine. Sans pouvoir contester l'existence, au sein des cristaux, d'une infinité de particules identiques, beaucoup, par éloignement instinctif pour tout ce qui ressemble à une hypothèse, s'ingéniaient à laisser dans l'ombre la forme et même la symétrie propre des molécules. On les vit alors faire appel à une science mathématique consommée pour édifier des conceptions purement géométriques, où toutes les variétés de la cristallisation, y compris les formes mériédriques, s'expliquaient en admettant que les molécules, toujours disposées en réseaux, pouvaient y affecter un certain nombre d'orientations périodiquement alternantes.

A vrai dire, le succès apparent de cette conception ne prouvait rien quant à sa valeur intrinsèque. Il n'est jamais très difficile d'encadrer un ordre donné de faits dans une théorie logiquement enchaînée, et ce résultat peut être obtenu de bien des manières différentes. Mais ces manières sont loin d'avoir la même vertu.

Assurément le mérite d'une doctrine réside en premier lieu dans son accord avec les faits. Mais sa prééminence, relativement à celles qui remplissent les mêmes conditions, se fonde sur les raisons qu'on peut avoir de penser qu'elle répond mieux à l'essence même des phénomènes considérés ; et cette condition est satisfaite quand, mieux que les autres, elle fait entrevoir ces relations de cause à effet, dont la découverte doit être le but suprême de toute science.

A ce point de vue, il y a lieu de s'étonner qu'on ait pu regarder comme un triomphe de pouvoir établir la théorie de l'état cristallin en faisant abstraction de la forme des molécules ; car, à supposer ces dernières sphériques ou

indifférentes, on enlève absolument toute raison d'être au choix du mode de cristallisation, qui devient un effet sans cause. Pourquoi ce mode est-il invariable pour une substance donnée, sinon parce que cette dernière l'exige ? Et quelle cause peut être assignée à cette exigence, sinon des circonstances de forme intrinsèque, entraînant, pour l'équilibre du système, des conditions qui ne peuvent être satisfaites que d'une seule façon ?

Au contraire, en faveur de la conception des orientations alternantes, on ne peut invoquer aucun motif déterminant. Il n'y a pas de raison mécanique qui puisse expliquer comment les éléments d'une substance qui cristallise adoptent une telle disposition, ni pourquoi ils se décident en faveur de tel degré de complication plutôt que de tel autre. Éliminer les hypothèses est assurément une tendance louable ; mais si l'on n'obtient ce résultat qu'en faisant disparaître des théories toute relation de cause à effet, c'est vraiment jouer à qui perd gagne.

On ne s'expliquerait donc pas que cette tentative, d'expliquer la cristallisation sans faire intervenir la forme des molécules, ait pu obtenir autant de faveur, surtout en Allemagne, si l'on ne réfléchissait, d'abord que cette façon d'agir répond à certaine tournure d'esprit, ensuite qu'au moment où la tentative s'est produite, la science se trouvait en face de faits nouveaux, dont il paraissait impossible de rendre compte avec la théorie de Bravais, même modifiée et complétée par Mallard.

En présence de ces difficultés, fallait-il, non seulement rejeter comme impuissante l'hypothèse que les molécules avaient une forme, mais abandonner toute considération des molécules elles-mêmes ? Peut-être ne manquait-il pas d'esprits absolus pour goûter une solution aussi radicale. D'autres, mieux avisés, croyons-nous, en ont jugé différemment. Il leur a paru que c'était seulement la forme de la doctrine qu'il fallait modifier. De même que Bravais s'était appliqué à perfectionner l'œuvre d'Haüy sans

porter atteinte à son principe fondamental ; de même que Mallard avait su faire rentrer, dans cette conception de nouveau élargie, des faits qui, au premier abord, semblaient incompatibles avec elle ; ainsi M. F. Wallerant a réussi, en suivant la voie ouverte par Mallard, non seulement à triompher de cette apparente incompatibilité, mais à revêtir la cristallographie rationnelle d'une expression qui cadre beaucoup mieux avec les données essentielles de la physique et de la chimie.

On nous excusera d'insister sur cette nouvelle phase de l'évolution des doctrines cristallographiques inspirées de l'hypothèse moléculaire. Pleine d'intérêt par elle-même, elle offre de plus un saisissant exemple du perfectionnement que peut recevoir une théorie, lorsque son principe originel est assez fécond pour que de simples modifications de forme, d'ailleurs justifiées par une plus claire appréciation des choses, la mettent en état de faire face à de nouvelles difficultés.

Évidemment c'était une idée trop simple, de vouloir identifier les molécules chimiques avec les derniers éléments des cristaux. En y réfléchissant bien, on aurait pu reconnaître de prime abord qu'il y avait là une extension quelque peu abusive d'un principe, que l'expérience avait sanctionné, sans doute, mais seulement dans les limites où la vérification pouvait en être effectuée. Si précises que soient devenues les mesures du physicien, elles s'arrêtent bien avant d'avoir atteint quoi que ce soit de comparable aux intervalles intermoléculaires ; car tout porte à croire que la dimension de ces intervalles doit être de l'ordre du millionième de millimètre. Lorsque, sur la foi de ces mesures, on affirmait l'existence, dans un cristal, d'une infinité de points caractérisés par une égale distribution des propriétés physiques, ce n'est pas de points mathématiques qu'il pouvait être question, mais de portions finies de matière autour des points considérés. Si donc on était résolu à ne pas excéder la portée des

expériences, les derniers éléments des cristaux, ceux dont il était permis d'affirmer la distribution régulière et l'identité d'orientation, devaient être regardés comme des édifices plus complexes et plus considérables que de simples molécules.

D'autre part, les physiciens et les chimistes apprenaient chaque jour, de leur côté, à se défier d'une idée, trop simple aussi : celle qui consistait à croire que la même molécule dût suffire à caractériser les trois états d'un corps, entre lesquels il n'y aurait eu d'autre différence que celles résultant de la mobilité relative et de la distance réciproque des polyèdres moléculaires.

On s'était aperçu que la densité d'une vapeur était susceptible de diminuer quand la température augmentait ; ce qui prouvait que, au moins pour les corps en question, le passage de l'état gazeux à l'état liquide comportait une série d'étapes, dont chacune réalisait une condensation plus avancée. Comment douter qu'un groupement encore plus dense des particules dût accompagner le passage à l'état solide ? Et n'était-il pas naturel de penser que l'état cristallin, le plus parfait et le plus stable de tous, correspondait au maximum de condensation, surtout lorsqu'on voyait le quartz hyalin subir, par la fusion, une réduction notable de son poids spécifique ? Avec le rapprochement de plusieurs molécules en une seule marchait de pair une sorte d'organisation architecturale, destinée à se trahir par le caractère optique des cristaux, et on entrevoyait que cette organisation pouvait, dans certains cas particuliers, précéder la naissance de l'état solide, ce qui expliquerait le pouvoir rotatoire des dissolutions actives, ainsi que les propriétés optiques des curieux *liquides cristallisés*, étudiés par M. M. Lehmann et Reinitzer.

Enfin la cristallographie elle-même était fondée à réclamer *à priori* une complexité plus grande pour les derniers éléments des édifices soumis à son étude. En

effet, puisque bien souvent l'observation nous montre, dans une même substance, des cristaux *droits* et des cristaux *gauches*, se comportant, les uns vis-à-vis des autres, comme un objet relativement à son image dans un miroir, une bonne conception de la matière cristallisée aurait dû faire à l'avance la part de ce dualisme.

Et voilà comment est née la notion de ce que M. Wallerant a nommé la *particule complexe* des cristaux. Cette particule, élément indispensable et ultime de la formation d'un cristal, est bien autre chose qu'une molécule. C'est un polyèdre que ses éléments de symétrie, passant tous par le centre de gravité, divisent en une série de cellules pyramidales, les *cellules fondamentales* de M. Schoenflies, aboutissant par leurs bases à la périphérie. Dans chacune de ces cellules habite une *particule fondamentale*, elle-même agrégat de molécules chimiques en nombre probablement assez grand, et dépourvue pour son compte de symétrie réelle. Les particules fondamentales sont de deux sortes : les unes identiques entre elles, mais pouvant différer par leur orientation, et susceptibles de se substituer mutuellement en tournant autour des axes de symétrie ; les autres, inverses des premières, auxquelles elles correspondent relativement aux plans de symétrie.

C'est aux particules complexes seules que s'applique la notion, déduite de l'expérience, de l'orientation identique. Leurs centres de gravité dessinent un réseau de Bravais. Mais il en est de même pour chacune des particules fondamentales de même position et de même nature entre lesquelles elles se divisent. Tous ces réseaux identiques s'enchevêtrent les uns dans les autres, produisant ainsi, quand on les prend tous ensemble, *mais cette fois avec une raison physique déterminante*, les assemblages complexes, à orientations alternantes des éléments, par lesquels on avait essayé d'expliquer la cristallisation sans avoir égard à la forme des molécules. Enfin, dernier triomphe de cette conception, elle fait de la particule complexe un édifice

assez considérable pour que l'élasticité de l'éther n'y puisse plus demeurer la même dans tous les sens. *C'est alors cette particule qui détermine à elle seule le caractère optique du cristal.* Si donc, en vertu des propriétés de la symétrie-limite, il arrive qu'une substance à particule biréfringente puisse néanmoins s'accommoder d'un réseau cubique, on ne devra pas s'étonner si ses cristaux ne sont pas isotropes, et il ne faudra pas qualifier d'*anomalies optiques* la manifestation de leur biréfringence.

Ce serait dépasser de beaucoup le cadre de cette étude, si nous voulions entrer dans les considérations ingénieuses par lesquelles M. Wallerant, développant, à la suite de Mallard, l'idée de la symétrie-limite, la montre présidant, par raison d'équilibre mécanique, aux groupements ou *macles* des cristaux ; ce qui permet d'assigner une cause analogue à la formation des particules complexes. Ainsi un rudiment de symétrie, existant dans les polyèdres moléculaires, les déterminerait à se grouper en particules fondamentales autour des éléments-limites de symétrie. A leur tour ces particules, profitant de leur ordonnance plus avancée, se grouperaient pour la même cause en particules complexes. De cette manière, la formation des cristaux serait le résultat d'une suite d'étapes, chacune en progrès sur la précédente et toutes gouvernées par des raisons d'équilibre, ayant leur principe dans la forme intrinsèque des édifices moléculaires.

Mais, outre que ces compléments ne peuvent être bien appréciés que des cristallographes de profession, ils ne sont pas nécessaires à la thèse que nous soutenons. Nous ne les avons fait intervenir que pour montrer la fécondité de la doctrine, et mettre en lumière, par un rapide aperçu, l'ingénieuse accommodation qui lui a permis de triompher des difficultés qu'on lui opposait. La seule chose qu'il faille retenir ici, c'est que la notion des particules complexes, identiques et semblablement orientées, fournit une représentation, aussi simple que précise, de la consti-

tution d'un corps cristallisé, et que cette représentation, tout entière inspirée de l'hypothèse moléculaire, repose non sur des idées *à priori*, mais sur l'interprétation pure de ce que l'expérience nous enseigne.

Une première fois, l'étude des réactions chimiques nous a mis en présence d'une loi, celle des proportions multiples, qui jusqu'à présent n'a pu trouver d'explication rationnelle que dans la théorie atomique. Voici maintenant qu'une catégorie de faits entièrement indépendants des premiers, ceux qui démontrent l'ordonnance des propriétés physiques dans les cristaux, nous ramène à une conclusion semblable. Faudra-t-il répéter, à ce sujet, ce que disait M. Duhem de la première loi : « Qui oserait affirmer qu'aucune autre explication ne saurait jamais être fournie » ? On l'avouera, ce serait presque puéril. La probabilité est déjà grande pour qu'une doctrine soit bien fondée, quand elle est seule en état, non seulement de coordonner toute une importante série de phénomènes, mais d'en indiquer une cause suffisante. Lorsque, par surcroît, la même doctrine se montre capable de fournir, avec une égale aisance, la raison d'être d'un ensemble de faits non moins important, qui d'ailleurs n'a rien de commun avec le premier, il faudrait vraiment un rare parti-pris pour méconnaître l'énorme accroissement de probabilité que cette vérification apporte à la théorie en question.

Là ne se bornent pas ce qu'on peut appeler les triomphes de l'hypothèse atomique. Elle en compte d'autres à son actif, dont les principaux méritent d'être énumérés ici.

On sait qu'en discutant la théorie cinétique des gaz, Maxwell avait montré que, dans un tel milieu, le frottement intérieur devait être indépendant de la pression. C'était à coup sûr un résultat inattendu et même d'apparence paradoxale ; cependant l'expérience a pleinement vérifié cette conclusion.

D'autre part, c'est une application directe de la même théorie cinétique qui a permis à M. Van der Waals d'établir son admirable loi des *états correspondants*, qui nous montre tous les fluides obéissant, quelle que soit leur nature, à une même loi de compressibilité. C'est bien ce que M. J. Perrin a pu qualifier de « triomphe éclatant pour les théories moléculaires, qui seules ont conduit à ce résultat ».

Rappelons encore que, s'il a été possible de construire des théories applicables à la manière d'être des gaz en dehors de l'hypothèse atomique, celle-ci du moins reste la seule qui fournisse une explication de la pression exercée par un gaz sur son enveloppe.

Enfin, quand on cherche à comprendre pour quelle raison les diverses radiations lumineuses, qui traversent l'espace interplanétaire avec la même vitesse, se meuvent avec des vitesses différentes au sein des corps solides transparents, on n'en peut trouver qu'une seule justification : c'est l'état *granuleux* que la division en atomes et en molécules doit imprimer à cette matière.

Toutefois, ce n'est pas assez, pour une théorie qui veut s'imposer, de se montrer mieux apte que toute autre à grouper, autour d'une idée commune, les faits d'observation les plus divers. Si puissante que soit, pour certains esprits, l'impression produite par une telle concordance, l'incrédule, résolu à ne s'incliner que devant l'évidence, garde le droit de n'y voir que des présomptions. Sa résistance ne sera ébranlée que si on parvient à lui montrer un fait palpable, susceptible de mesure, et qui atteste, au moins par quelque côté, la réalité d'une conception jusqu'alors accessible au seul raisonnement.

N'est-il pas permis de dire que cette preuve de réalité est déjà faite, sinon pour les molécules, du moins, ce qui peut paraître bien étrange, pour les parties entre lesquelles elles peuvent se décomposer ?

Ceux qui se tiennent au courant des derniers progrès

de la science, et ne craignent pas d'aller chercher, hors de nos frontières, des enseignements peut-être trop négligés jusqu'ici dans notre pays de France, savent quelle place commence à tenir, dans les préoccupations des physiciens et des chimistes, la curieuse doctrine des *ions*.

Après les mémorables découvertes de notre compatriote Raoult sur les propriétés des dissolutions étendues, M. Svante Arrhenius a été conduit, pour expliquer ces propriétés, à imaginer la présence, au sein des solutions électrolytiques, d'atomes dissociés ou *ions*, capables de cheminer les uns à côté des autres sans se combiner, grâce à la charge électrique dont ils sont porteurs.

L'existence des ions et la réalité de leur mouvement semblent bien difficiles à contester après la curieuse expérience de MM. Ostwald et Nernst, qui, à l'aide de l'électrisation par influence, appliquée à une solution étendue, sont parvenus à séparer les ions positifs et les ions négatifs, en les manifestant sous une forme reconnaissable (1). On a de plus réussi à mesurer la charge électrique que portent les ions, et toujours elle s'est montrée un multiple exact de celle qui caractérise l'ion d'hydrogène, commune mesure de ce nouveau genre d'activité.

Nous savons bien que la conception des ions est encore loin d'être universellement acceptée ; mais les résistances qu'elle rencontre apparaissent plutôt comme des répugnances instinctives, fondées sur la même tendance que celle qui porte à douter des molécules. Cela n'empêche pas la théorie de faire son chemin et de récolter au passage quelques satisfactions vraiment bien remarquables. Ainsi on n'ignore pas qu'il est extrêmement difficile, en saturant un gaz très pur par de la vapeur d'eau, d'y faire naître un brouillard. Mais le phénomène se produit aisément quand le gaz tient en suspension des particules solides,

(1) Dastre, Revue des Deux Mondes, 1899, VI, p. 697.

dont chacune constitue pour la vapeur un petit centre de condensation. Or le brouillard apparaît aussi avec facilité dans un gaz électrisé, dont les atomes deviennent alors des ions. N'est-ce pas une démonstration presque palpable de l'existence de ces petits corps, et de l'état particulièrement granuleux qu'ils impriment au gaz électrisé ?

Pourtant c'est à une expérience encore plus décisive qu'il convient de demander ce critérium d'évidence. Au moment où se constituait la doctrine des ions, la découverte des rayons cathodiques, des rayons de Röntgen et des rayons de Becquerel, enrichissait la science d'une foule de faits nouveaux et particulièrement suggestifs. L'action de la cathode dans l'ampoule de Crookes ne devenait intelligible qu'à la condition d'admettre le bombardement du verre par des projectiles matériels, chargés d'électricité négative, doués d'une merveilleuse subtilité et d'une incroyable vitesse. Bien vite on entrevit l'identité vraisemblable de ces corpuscules avec ceux que doivent dégager spontanément les métaux radiants.

C'est alors que les curieuses expériences de M. Wilson, si remarquablement interprétées par M. J. J. Thomson, montrèrent qu'un gaz pouvait être *ionisé* par les corpuscules émanés d'un métal radiant, et devenir ainsi capable de provoquer la condensation de la vapeur d'eau. On trouva moyen, par la mesure de la quantité d'eau condensée, d'évaluer la charge électrique de ces corpuscules, et de constater qu'elle était la même que celle d'un atome d'hydrogène dans l'électrolyse. D'autre part, on s'était assuré que le rapport de la charge à la masse était mille fois plus grand que celui qui est défini par l'électrolyse pour l'ion d'hydrogène. Il en résultait que la masse du corpuscule devait être la millième partie de celle de l'atome isolé (1). Ainsi M. J. Perrin a pu dire : « L'exis-

(1) Voir le détail de ces considérations dans l'article déjà cité de M. J. Perrin.

tence des corpuscules a déjà plus de certitude que celle des atomes eux-mêmes, et l'hypothèse corpusculaire, la dernière venue parmi les hypothèses moléculaires, est la seule qui se soit trouvée accessible à une vérification directe ».

Rappelons aussi que, d'après les expériences de M. Lenard, l'aisance avec laquelle les corpuscules pénètrent les corps dépend seulement de la densité des obstacles et non de la nature chimique des atomes d'où dérivent les corpuscules ; ce qui donne à penser que ces derniers éléments de la matière sont tous identiques entre eux.

On comprend sans peine qu'enthousiasmés par ces nouveaux résultats, quelques savants, à l'exemple de M. J. Perrin, n'aient pas reculé devant un essai de synthèse théorique, fondé sur l'assimilation de l'atome à un système planétaire en miniature. Dans chaque atome, de nombreux corpuscules, électrisés négativement, graviteraient comme planètes autour d'un ou plusieurs soleils d'électricité contraire, si bien que, dans la dimension de ces systèmes, comme dans le nombre, l'agencement et le mode de mouvement de leurs éléments, on pourrait entrevoir, au moins en principe, de quoi définir avec précision ce que d'autres embrassent sous l'expression si vague de *qualité*.

Comme le remarque M. Perrin, dans les atomes très lourds, c'est-à-dire très grands, le corpuscule le plus éloigné du centre, autrement dit le Neptune du système, pourrait, grâce aux dimensions de sa trajectoire, en venir à se détacher de son orbite sous la moindre influence, ce qui expliquerait que les propriétés radiantes ne se manifestent que chez les corps pourvus de poids atomiques exceptionnellement considérables.

Ici pourtant il faut prévoir une critique. Cette perte de corpuscules atomiques n'est-elle pas contradictoire avec la notion même de l'*atome*, c'est-à-dire de l'*insécable ?* A

cela on répondra que la perte d'un seul corpuscule, par le changement qu'elle apporte à la répartition de l'électricité dans l'atome, exige une force toute spéciale, ce qui rend de plus en plus difficile la répétition du phénomène. De la sorte, l'atome demeure *pratiquement insécable*, les pertes qu'une molécule peut subir de ce chef étant de celles qui dépassent la sensibilité de nos appareils. D'ailleurs, grâce à l'évaluation des déviations électrostatiques et magnétiques, la question a pu être soumise au calcul, en ce qui concerne la perte d'énergie dépensée dans le rayonnement d'un petit fragment de radium. On a trouvé ainsi qu'il faudrait *un milliard d'années* pour que la perte de masse, due à la matière transportée, devînt appréciable à nos instruments de mesure (1) !

Admettant donc la réalité de ces minuscules systèmes planétaires, n'est-ce pas encore une chose bien curieuse, qu'en essayant de se faire une idée de leur grandeur, comme de la vitesse avec laquelle les corpuscules atomiques y parcourraient leurs orbites, on ait trouvé, pour le temps de cette révolution, la durée même des vibrations lumineuses correspondant au spectre des substances étudiées (2) ?

Pure imagination, dira-t-on peut-être ; rêveries ingénieuses, à reléguer dans le domaine des chimères ! Et pourquoi donc ? N'est-il pas absolument philosophique qu'on se trouve amené à assigner, aux plus petites parcelles de la matière terrestre, une constitution identique avec celle de l'Univers ? Cessons un moment de regarder cette terre, qui est trop près de nous, et jetons les yeux sur le monde des planètes et des étoiles. Qu'y voyons-nous ? Partout des unités plus ou moins semblables ou dissemblables, mais absolument définies, qui laissent entre elles des intervalles incomparablement plus grands que leurs

(1) Dastre, REVUE DES DEUX MONDES, 1er janvier 1902.
(2) J. Perrin, *loc. cit.*

dimensions propres, et exécutent, par groupes, des mouvements de rotation et de translation. Quand même on en viendrait à démontrer que le vide interstellaire n'est qu'une fiction, cela empêcherait-il l'existence distincte de tous ces éléments et la réalité de leur groupement en gigantesques molécules ? L'homme de science qui s'appliquerait à définir et à classer tous ces astres divers risquerait-il d'encourir le reproche de se bercer de chimères ?

D'autre part, n'est-il pas logique de chercher, dans ce monde sidéral, l'image de ce que doit être partout la matière ? Peut-on supposer que cette constitution, qui est celle de tout l'univers visible, et se poursuit aussi loin que puissent porter les vérifications de nos télescopes, ne s'impose pas aussi à la quantité presque négligeable de matière qui compose le globe insignifiant dont nous sommes les hôtes passagers ?

En somme, plus on y réfléchit, et moins on arrive à comprendre que le principe de l'hypothèse moléculaire puisse inspirer une répulsion quelconque. La matière, celle qui se touche et se pèse, n'est assurément pas continue. Les parties dont elle se compose, dans un corps homogène, ne peuvent être qu'identiques. Les supposer en repos absolu serait un non-sens. Elles se meuvent donc, les unes par rapport aux autres, dans des limites si étroitement fixées, lorsqu'il s'agit d'un solide, que le déplacement échappe à nos sens, tandis que nous en avons pleinement conscience avec les liquides. Et ce mouvement relatif atteint sa plus grande intensité dans les gaz, où seul il explique les phénomènes de la pression et de la diffusion.

C'est là tout le fonds de l'hypothèse. Peut-on imaginer rien de plus raisonnable ; rien qui semble s'imposer avec plus de force à l'esprit ? Que sur ce fonds puissent se greffer parfois des conceptions défectueuses ou incomplètes, ce n'est que trop naturel, puisque nos connaissances ne cessent de s'accroître, nous mettant chaque jour en pré-

sence de problèmes nouveaux. Dans ce cas, c'est aux seules défectuosités de la théorie qu'il faut s'attaquer, pour les corriger. Par exemple, personne ne pourrait faire un grief à M. Duhem de trouver insuffisante l'*expression mathématique actuelle* de la théorie atomique, soit parce que la formule de l'attraction est sujette à contestation, soit parce que le principe même de cette attraction, comme en général celui de toutes les actions à distance, répugne à beaucoup d'esprits. Mais cela n'infirmerait en rien la division de la matière en molécules, c'est-à-dire le fonds même de la doctrine. Il est tout à fait injuste de faire porter à ce fonds la responsabilité de ce qui peut manquer à la forme. Ce serait vouloir saper à grands coups de hache les parties fondamentales d'un édifice dont le couronnement seul aurait besoin d'être amélioré.

Pour que cette injustice soit aussi facilement commise, il faut qu'il y ait ce que nous appellerons des raisons d'à côté. Évidemment l'hypothèse atomique porte, en cette circonstance, la peine des interprétations erronées qu'on en a souvent faites, comme celle des erreurs philosophiques auxquelles elle a pu servir d'appui.

Par exemple, on entend parfois reprocher aux atomistes d'admettre que, dans un composé (Aristote eût dit un mixte), les éléments subsistent, non seulement en puissance, mais en substance. Or il est aisé de voir que cette accusation n'a aucun fondement.

Pour qu'il existe ce qu'on a le droit d'appeler du soufre, il ne suffit pas qu'il y ait quelque part un atome de la nature de ceux qui entrent nécessairement dans la constitution de cette substance ; car il n'y a pas de corps concret qu'on puisse supposer réduit à un seul atome. Il est nécessaire que plusieurs de ces atomes s'assemblent, de façon à constituer au moins une molécule.

Cela posé, quand le soufre s'unit à l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, la molécule du soufre et celle de l'oxygène se dissocient l'une et l'autre, pour permettre

à leurs éléments de s'assembler en un groupe nouveau, qui sera la molécule d'acide. Dans celle-ci, les substances composantes ne sont plus représentées que par les matériaux capables de les reconstituer, et lorsque l'acide se détruira, ces éléments ou atomes devront de nouveau se réunir à plusieurs pour reformer les composants disparus. Donc ceux-ci ont bien réellement cessé d'exister autrement qu'en *puissance*, comme dirait l'école aristotélicienne, et par suite cette conception revient identiquement à celle que cherchent à faire prévaloir les adversaires de l'idée atomique. Mais elle y revient d'une façon claire, et sans rien laisser planer de mystérieux sur le phénomène de destruction ou de reconstitution qui a pu s'accomplir.

Même cette considération va nous aider à faire ressortir les facilités que donne la notion des molécules pour comprendre la remarquable fusion qui tend à s'opérer de nos jours entre la physique et la chimie.

C'est un des mérites les plus justement appréciés de l'œuvre d'Henri Sainte-Claire-Deville, d'avoir su faire tomber la barrière, supposée infranchissable, qui séparait les deux sciences. M. Duhem y insiste avec juste raison ; mais, du même coup, il semble en tirer argument contre la doctrine atomique. Bien au contraire, il nous paraît que les développements qui précèdent ont justifié d'avance l'identification des phénomènes de changement d'état avec ceux qu'engendre la réaction mutuelle des substances.

En effet, quand un corps passe de l'état gazeux à l'état liquide, par exemple, ce n'est pas seulement sa condition thermique et cinétique qui change ; ce doit être aussi sa molécule, si l'on admet avec nous que tout changement d'état dans ce sens soit accompagné d'une condensation. Ne sait-on pas d'ailleurs par expérience que plus d'un corps simple, soumis à l'action de la chaleur, manifeste à un certain moment une brusque variation de température, témoignage irrécusable d'une transformation de substance, qu'il est logique d'interpréter comme une modification

moléculaire? Le changement d'état, réputé purement physique, engendrerait donc en réalité une nouvelle molécule, exactement comme font les réactions chimiques.

Mais nous n'en avons pas fini avec les griefs d'à côté, dont nous parlions il y a un instant. Il est évident que, pour beaucoup d'esprits, la doctrine atomique a le tort irrémédiable d'avoir servi d'enseigne à des conceptions philosophiques très discutables. C'est ainsi qu'on se plaît à l'identifier avec la théorie *mécaniste*, celle qui voit dans les atomes de petites masses inertes, où il n'y aurait que figure et mouvement, ce mouvement se communiquant par choc direct d'un atome à l'autre.

Or cette conception spéciale n'est aucunement inséparable de l'hypothèse et, pour notre part, nous nous rangeons pleinement à la manière de voir des dynamistes ; c'est-à-dire qu'à nos yeux les atomes pondérables doivent être des *centres d'activité spécifiée*, tout comme, dans les grandes molécules sidérales, les astres individuels sont le siège de manifestations d'énergie, éclatantes dans les étoiles, plus voilées dans les planètes, mais à l'œuvre partout.

Ici, peut-être, ceux qui ambitionnent de tout embrasser d'emblée dans une même formule nous demanderont de quel droit nous opérons, dans la matière, ce départ entre le pondérable et l'impondérable. Tout simplement parce que ce départ nous semble s'imposer, la balance, qui ne s'applique qu'au premier terme, fournissant le seul criterium fondamental des transformations de la matière ; et aussi parce que ce serait déjà pour la science un triomphe suffisant, si elle parvenait à représenter clairement la constitution de ce qui se voit, se touche et se pèse.

Cela n'empêcherait pas d'ailleurs, ce résultat une fois obtenu, de nourrir une ambition nouvelle : celle de concevoir la nature des rapports qui peuvent exister entre les deux ordres de phénomènes. Oserons-nous essayer un

instant de lever bien timidement un coin du voile qui cache ces rapports ?

Quelque idée qu'on puisse se faire de l'éther, il est certain que la matière pondérable a pour effet, là où elle existe, d'en modifier localement la constitution normale. Fresnel représentait cette influence en imaginant que chaque atome pondérable fût entouré d'une atmosphère d'éther condensé. D'autres, par exemple, M. Marx (1), énonceront la même idée sous une forme plus saisissante, en attribuant à l'atome une faculté dépressive sur la tension générale de l'éther, assimilé sous ce rapport à un gaz parfait.

Cela ne revient-il pas à dire que l'atome, bien loin d'être inerte, comme les mécanistes aiment à le dépeindre, doit être un centre d'activité, qui absorbe et localise, au profit de ses vibrations, une part de l'énergie générale du milieu éthéré, qu'il spécialise à la fois comme forme et comme quantité ? Ce serait la définition même de la matière tangible ; et, de la sorte, il n'y aurait plus de séparation entre les deux mondes, le pondérable et l'impondérable ; mais une union et une dépendance intimes ; ce qui n'empêcherait pas la conception atomique et moléculaire de subsister intégralement, en tant que représentative du mode de distribution des foyers locaux d'énergie.

Il faut convenir que nous voilà maintenant aux antipodes du *mécanisme* cartésien. Même, si nous devions en ce moment encourir quelque reproche, ce serait bien plutôt celui de nous aventurer dans un dynamisme effréné. Nous verrions alors se dresser contre nous tous ceux qui, habitués à la vieille formule de l'inertie de la matière, ne peuvent pas se résoudre à séparer la notion de puissance de celle d'un *substratum* inactif.

Aussi avons-nous hâte de protester contre toute pré-

(1) Voir de Lapparent, COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXXX, p. 1372.

tention d'ériger une doctrine. Si nous avons risqué de ce côté une pointe d'apparence audacieuse, c'était uniquement pour faire entrevoir la possibilité d'une conciliation entre l'énergétique de M. Duhem et les hypothèses moléculaires.

Revenons à ces dernières, pour conclure qu'elles ne méritaient pas la sévérité avec laquelle le savant physicien les a traitées. A nos yeux, leur mérite est double. D'abord, comme nous avons essayé de le montrer, elles offrent la seule explication logique d'un imposant ensemble de faits d'expérience, entre lesquels elles établissent des liens que toute autre manière de voir s'est montrée jusqu'ici impuissante à remplacer. Par cette remarquable convergence, elles acquièrent pour nous une force de conviction irrésistible.

En second lieu, elles donnent, de ce qui peut se cacher sous les apparences immédiatement visibles, une représentation dont la netteté fait un saisissant contraste avec le vague déconcertant sous lequel les notions de mixte et de qualité sont obligées de s'envelopper.

Dira-t-on que cette clarté est trompeuse, et que la représentation existe seulement dans l'imagination de ceux qui croient l'apercevoir ? Nous savons que cette thèse ne manque pas de partisans. Il en est beaucoup aux yeux de qui les conceptions scientifiques ne sont jamais que des symboles, que l'on construit au moyen de signes empruntés à la science des nombres et à la géométrie, parce que « cette représentation se prête au raisonnement d'une manière plus aisée, plus rapide, et partant plus sûre, que les connaissances purement expérimentales qu'elle remplace (1) ». Mais elle n'en reste pas moins un « artifice » et n'a aucune prétention « de pénétrer derrière nos perceptions pour saisir l'essence et la nature intime des objets de ces perceptions ».

(1) Duhem, REVUE DE PHILOSOPHIE, article du 1er octobre 1901, p. 745.

Ici nous venons de citer M. Duhem, qui depuis longtemps a pris position sur ce terrain. Les lecteurs de la Revue des Questions scientifiques n'auront qu'à se reporter aux années 1892, 1893 et 1894. Ils y trouveront la trace de l'intéressante controverse qui s'est élevée, à cette époque, entre le savant adversaire de l'atomisme et le regretté M. Vicaire. Ce dernier s'était fait le défenseur de la réalité objective de nos connaissances. Il n'admettait pas qu'on pût dire, avec M. Duhem (1) : « La science théorique a pour but de soulager la mémoire et de l'aider à retenir plus aisément la multitude des lois expérimentales ». En face de cette définition décourageante, il affirmait (2) que « la connaissance de la nature est le seul objectif capable de soutenir la curiosité scientifique ; la conformité avec la nature, prise pour but, est un guide dans la construction des hypothèses scientifiques ; réalisée, elle est la condition de la fécondité des théories ». Enfin il disait encore, avec autant d'élévation que de bon sens : « Dès qu'on admet l'existence de la matière, la réalité de nos perceptions et leur vérité, c'est-à-dire leur conformité avec la cause extérieure qui les produit, il semble difficile d'assigner une limite quelconque aux connaissances que nous pouvons acquérir sur les phénomènes naturels et sur la structure intime de la matière qui en est le siège ».

Nous l'avouons sans détours. Toutes nos préférences sont pour la thèse soutenue par M. Vicaire. Ce n'est pas que nous méconnaissions à quel point l'expression de ce que l'on sait, à un moment donné, peut demeurer imparfaite. Et nous prétendons nous défendre de tout fétichisme à l'égard des doctrines en général, sachant bien qu'il en est plus d'une dont l'insuffisance devra être un jour reconnue. Mais quand une théorie a su, par une sage et progressive

(1) Revue des Questions scientifiques, janvier 1892.
(2) Ibid., vol. XXXIII (1893).

évolution, s'adapter à un grand nombre de découvertes nouvelles, il nous paraît à la fois plus juste et plus sain d'y souligner ce qui correspond à la réalité, plutôt que de l'abandonner pour un symbolisme, à la faveur duquel le scepticisme entrerait bientôt dans la place. Que nos connaissances ne doivent jamais atteindre la vérité absolue, en ce sens qu'elles lui sont asymptotes, nous ne faisons pas difficulté de l'admettre. Du moins, à ce titre, se rapprochent-elles toujours du but, dans une mesure qui satisfait pleinement à nos destinées.

Aussi répéterons-nous volontiers, avec M. Dastre (1) : « On ne saurait exiger d'une hypothèse scientifique qu'elle représente d'ores et déjà la formule définitive et invariable de la vérité. Elle est seulement un moyen de la préparer. C'est une construction d'attente, un échafaudage provisoire, indiquant plus ou moins vaguement la forme et les aspects du monument véritable. Elle doit remplir, pour être justifiée, des conditions précises, dont la première naturellement est de ne se trouver en contradiction avec aucun fait positif ; et la seconde d'être féconde, c'est-à-dire de suggérer et de faire découvrir des faits nouveaux, d'expliquer et de coordonner des faits déjà connus et restés sans lien. Son utilité lui fait alors pardonner de n'être qu'une vue partielle de la vérité, à laquelle l'esprit humain ne peut atteindre que par des approximations successives ».

De ces paroles si sensées, nous aimons à rapprocher ce que disait de la science l'illustre Hertz, l'immortel auteur des expériences sur les ondes électromagnétiques :

« La science, disait-il (2), a pour mission de créer des *images* des phénomènes, de manière que les conséquences nécessaires déduites de la nature des images soient les *images des conséquences* du phénomène primitivement

(1) REVUE DES DEUX MONDES, 1899, t. VI, p. 370.

(2) Cité par R. d'Adhémar, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. I, p. 195 (janvier 1902).

représenté. » Et il ajoutait que ces images devaient être logiquement acceptables, exactes, opportunes, c'est-à-dire compréhensives ; enfin qu'à égale compréhensivité, l'image la plus opportune était la plus simple.

Quelle différence entre cette notion d'*images* et celle de *symboles !* Une image, c'est un dessin, qui peut être incorrect, en raison de l'inexpérience de celui qui l'a tracé, mais où du moins éclate l'effort fait pour s'approcher de la réalité. Un symbole, c'est un de ces caractères de convention, comme les Chinois en emploient pour désigner les objets, de sorte qu'au travail nécessaire pour connaître ceux-ci, il faut ajouter l'effort de mémoire que demande la connaissance des symboles. Étrange moyen, en vérité, de faire progresser la science, que de lui proposer comme modèle cette méthode chinoise, qui a si bien paralysé, dans un pays immense et prospère, l'essor de l'esprit scientifique !

A notre sens, l'hypothèse moléculaire réalise largement toutes les conditions indiquées par Hertz pour qu'une image soit déclarée bonne. Et de plus, elle substitue la précision au vague, la pleine lumière à l'obscurité. Qu'on s'applique à la perfectionner ; qu'on soit sévère pour ses lacunes, si elle en offre ; qu'on ne permette pas à ses interprètes d'ignorer ce qui lui manque, et de vouloir imposer, comme des dogmes définitifs, certaines formules de détail encore sujettes à caution, rien de plus légitime. Mais il nous paraît que ce ne serait pas une bonne besogne, si l'on s'efforçait de la déconsidérer dans son principe, au seul profit de notions que leur origine aristotélicienne peut rendre respectables, mais sans rien leur conférer de cette vertu d'illumination, qui pour nous est la marque distinctive des bonnes théories scientifiques.

A. DE LAPPARENT.

TROIS VOYAGEURS VÉNITIENS

AU XIIIe SIÈCLE (1)

V

LES TARTARES ORIENTAUX D'APRÈS MARCO POLO

Nous avons parcouru avec Marco Polo l'Asie moyenne depuis la Méditerranée jusqu'au delà du désert de Gobi. Il nous ramène maintenant en arrière, et nous fait traverser le Gobi du sud au nord. Nous nous trouvons ainsi dans la province dont le chef-lieu est Caracoroum, ville célèbre, dont les ruines ont été retrouvées par Paderin, en 1875, à 47° 32′ de latitude nord et 101° de longitude est (Paris).

« Caracoroum, dit Marco Polo, fut la première cité qu'eurent les Tartares, quand ils sortirent de leur contrée. » Il s'agit des Tartares qui formèrent le noyau de l'empire de Genghis-kaan. Ils habitaient la vallée de l'Amour et la Sibérie méridionale. Caracoroum était primitivement à Ung-kaan, que Marco Polo, comme les Européens du moyen âge, désigne sous le nom de Prêtre-Jean. Les États de ce dernier entouraient, au nord, à l'est et au sud-est, le désert de Gobi, et comprenaient la région située entre ce désert et la mer du Japon. Prêtre-Jean recevait les tributs des Tartares dont nous venons de parler, et

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1901, pp. 365-422.

d'une partie du Catay ou Chine septentrionale. D'après Marco Polo, il y avait aussi des Tartares parmi les sujets propres de Prêtre-Jean ; car c'est à propos d'une tribu tartare soumise à ce chef, dans le Tanduc, centre de son empire, qu'il fait remarquer la signification synonyme des appellations de Tartares et Mongols.

Caracoroum fut la résidence principale des grands Kaans jusqu'à Cublay. Celui-ci transporta le siège de son empire à Cambaluc ou Pékin. Au temps de Marco Polo, Caracoroum avait donc perdu son importance. D'ailleurs, même lorsque les grands Kaans y résidaient, cette ville, au témoignage de Rubruquis, qui la visita à loisir, ne présentait rien de remarquable. Aussi Marco Polo ne se donne-t-il pas la peine de la décrire. Il nous y conduit comme pour avoir l'occasion de raconter l'origine et le développement de la puissance des grands Kaans, et de peindre les mœurs des « droits Tartares ». Il désigne ainsi les Tartares du type primitif ; car il range à part les Tartares « abâtardis » du Catay ou Chine septentrionale, qui « se maintiennent aux usages des idolâtres de la contrée, et ont laissé leur loi », et ceux du Levant ou Perse « qui se tiennent en la manière des sarrazins » ou musulmans.

Marco Polo insiste sur un des traits les plus inhumains des coutumes tartares. Tous les grands Kaans sont ensevelis au mont Altaï, ou plus précisément, d'après d'autres auteurs, dans la partie de la chaîne de l'Altaï d'où sort le Kéroulan, affluent de l'Amour ; la dépouille des grands Kaans est transportée en ce lieu, même s'ils meurent à cent journées de là. Toutes les personnes qui se rencontrent sur le passage du convoi funèbre, qui est comme une armée, sont tuées. « Allez, leur dit-on, servir votre Seigneur dans l'autre monde. » Le mot n'a rien d'ironique, « car ils pensent de vérité que tous ceux qu'ils tuent doivent aller servir leur Seigneur en l'autre

monde ». On expédie de la même façon au grand Kaan décédé son meilleur cheval.

Vers le même temps que Marco Polo, Joinville, l'historien de saint Louis, signale des coutumes identiques chez les Tartares Comains (des rives du Don et du Volga), ces féroces alliés des Bulgares dans leurs luttes contre les empereurs grecs et latins de Constantinople. Dix-sept siècles auparavant, Hérodote constatait l'usage des mêmes funérailles sanglantes chez les Scythes de Russie méridionale.

Marco Polo présente sous toutes ses faces la vie tartare du genre primitif. Il traite de la vie nomade, des habitations portatives, des occupations des hommes et des femmes, de l'alimentation, des mariages, spécialement des mariages après décès, du culte, du costume, des armures, de la vie militaire et de la tactique, de la police judiciaire chez les Tartares, en des pages qui conservent toute leur valeur aujourd'hui, comme celles de Rubruquis sur le même sujet.

« Les Tartares demeurent l'hiver en plaines et lieux chauds, où ils aient herbage à bonnes pâtures pour leurs bêtes ; et l'été, demeurent en froids lieux, en montagnes et vallées, là où ils trouvent eaux et bocages et pâtures à leurs bêtes. Ils ont maisons de verges et les couvrent de cordes ; et sont rondes, et les portent avec eux là où ils vont ; car ils lient les verges si bien, et d'une manière si ordonnée, qu'ils les portent très légèrement. Et toutes les fois qu'ils dressent et tendent leurs maisons, la porte est toujours vers midi. Ils ont charrettes couvertes de feutre noir, si bien que nulle pluie n'y peut passer, et les font tirer à bœufs et à chameaux. Et sur charrettes ils portent femmes et enfants. »

Les maris abandonnent les ventes, les achats, et tous les soins du ménage, à leurs femmes, parmi lesquelles la première épousée jouit de la plus grande confiance. Ainsi les maris n'ont à s'occuper que de chasse, fauconnerie, et

choses de guerre, « comme gentils hommes ». — « Les dames sont bonnes et loyales envers leurs maris » d'autant plus qu'elles ne sont guère exposées aux sollicitations, les Tartares se montrant très scrupuleux sur ce point. Leur loi rend cette vertu plus facile chez eux, en leur permettant d'avoir autant de femmes qu'ils sont capables d'en entretenir et de fournir de douaires. Ils épousent licitement de proches parentes. A la mort du père, l'aîné des fils prend ses femmes, s'il le veut, à la réserve de sa propre mère. « Et quand ils se marient, ils font très grandes noces. »

Le mariage après décès consiste en ce que des père et mère qui ont perdu un garçon, et d'autres qui ont perdu une fille, « font noce de l'un mort à l'autre ». On écrit l'acte, et on le brûle ; la nouvelle parvient ainsi aux intéressés dans l'autre monde. On représente en peinture, sur une charte, les dons qu'on se serait faits entre vifs, et on en assure la jouissance aux conjoints, en livrant de même la charte aux flammes.

Les Tartares « vivent de chairs et de lait, et de chasse, et mangent toutes chairs et de chevaux et de chiens et de rats et de faraons ». Nous identifierions volontiers le faraon avec l'hamster, « car il y en a beaucoup ès plaines en pertuis sous terre ».

Comme les Scythes d'Hérodote, les Tartares sont friands de lait de jument. Ils « le boivent en telle manière », ou préparé de telle sorte, « qu'il semble vin blanc et bon à boire ». De ce lait aigri, les Tartares forment une pâte sèche, qu'ils emportent souvent comme unique provision de bouche dans leurs marches. Quand ils en veulent manger, ils la détrempent dans l'eau, en la battant fortement. Il leur arrive de vivre un mois entier de cette nourriture, en y ajoutant du gibier à l'occasion. Au besoin, ils saignent leurs chevaux, reçoivent la saignée dans leur bouche, et se soutiennent par ce moyen. Ils « sont la gent au monde qui plus endure grandes peines

et grands mésaises, et qui moins veulent de dépens, et qui meilleurs sont pour conquêter terres et royaumes. Et il y paraît bien, car pour certain ils sont maintenant seigneurs de la plus grande partie du monde. »

La simplicité des droits Tartares n'exclut pas le luxe. Leurs vêtements ordinaires, nous supposons qu'il s'agit des riches, sont de draps d'or et d'étoffes de soie, fourrés de riches plumes, ou de zibeline et d'hermine, de petit-gris, et de renard. Tous leurs harnais sont brillants et de grand prix. Aussi l'industrie du harnais est-elle florissante dans les pays occupés par les Tartares.

Ils sont armés d'arcs et de flèches, d'épées et de masses. L'arc est leur arme principale ; ils le manient avec une supériorité écrasante. Ils protègent leur dos par une armure de cuir bouilli, et cela tient à leur tactique spéciale.

« Ils n'ont point de honte à fuir, et en fuyant ils se tournent, et tirent de leurs arcs très bien à leurs ennemis, de quoi ils leur font grand dommage. Et leurs chevaux l'ont si accoutumé qu'ils se tournent çà et là, si tôt que c'est merveille, mieux que ne ferait un chien. Et ils se battent aussi bien en fuyant que corps à corps, pour ce qu'en fuyant ils leur tirent flèches à grande quantité. Et est dos tourné à ceux qui les vont chassant et croient avoir gagné la bataille. Et quand les Tartares voient qu'ils leur ont tué leurs bêtes et blessé, et des hommes aussi, ils retournent tous ensemble, si bien et avec tant d'ordre et avec si grand bruit qu'ils les mettent dès le moment à déconfiture ; car ils sont très preux à bataille, et forts et endurcis. De sorte que quand leurs ennemis croient avoir gagné, quand ils les voient fuir, ils ont perdu ; car ils (les Tartares) retournent aussitôt quand il leur semble que point est. Et en cette manière ont déjà vaincu mainte bataille. »

Pour beaucoup de chevaliers européens, ceci était peut-être moins neuf que l'auteur ne le croit. Rien en effet

ne devait être plus lu le soir, en hiver, dans les châteaux de la féodalité, que l'histoire de la conquête de Constantinople, tracée par la plume chevaleresque de Villehardouin, et l'on y voyait les mauvais tours joués aux guerriers francs par les Tartares Comains, grâce au manège décrit. Cette tactique avait aussi été celle des Parthes, mais peu de chevaliers étaient assez grands clercs pour le savoir, et Marco Polo probablement ne s'en souvenait pas davantage.

Le peu que celui-ci nous apprend, après Rubruquis, de la religion des droits Tartares, révèle un culte grossier. Ils ont un dieu Nacigay, dont il y a une idole dans chaque maison, en même temps que les idoles de sa femme et de ses enfants. Voici tout le culte qu'on rend à ces dieux, simples mannequins de drap et de feutre. Quand on mange, on prend de la viande grasse et on en frotte la bouche à Nacigay et aux siens. Ensuite on répand du brouet de viande devant la porte de la maison. On est censé avoir donné ainsi au dieu et à sa famille leur part d'aliments. Nacigay a pour attribut la garde des enfants, des animaux domestiques et des blés.

De Caracoroum, Marco Polo nous ramène au Tanduc, et de là, en dix journées par levant, nous atteignons Cyagannor, où le grand Kaan possède un palais dont le séjour lui plaît beaucoup. Il a en ce lieu des nacelles sur des lacs et des rivières. La contrée abonde en grues de cinq espèces, en perdrix, faisans et autres oiseaux, sur lesquels il lâche, à ses jours, des gerfauts et des faucons.

Au nord-nord-est de Cyagannor, à trois journées de là (et à soixante-dix lieues au nord de Pékin), nous rencontrons la ville de Ciandu, fondation de Cublay-kaan. Il y passe chaque année trois mois de la saison chaude. Il a là un palais de marbre dont les salles sont ornées de peintures que Marco Polo trouve admirables. L'édifice s'élève dans une enceinte emmuraillée, d'une étendue de

seize milles carrés, où « fontaines, fleuves et rivières » arrosent de belles prairies. On a emprisonné dans l'enclos une foule d'animaux sauvages, de nature diverse et de caractère inoffensif, pour être donnés en pâture aux deux cents faucons et gerfauts des volières. Souvent on voit le grand Kaan chevaucher par son parc, portant en croupe un léopard apprivoisé, auquel il donne le plaisir d'étrangler quelque bête, au profit de ces rapaces. Chaque semaine, Cublay inspecte ses oiseaux favoris.

Dans la même enceinte, on nous fait admirer un autre palais, habitation mobile, qui se déplace au gré du grand Kaan. On n'y a employé d'autres matériaux de construction que la canne de bambou, abondante et peu coûteuse en Chine. Mais le palais est remarquable par son ornementation et par l'art avec lequel il a été construit. « Il est tout doré dedans, et dessus sont les cannes vernissées si bien et si fort que nulle eau ne les peut pourrir. Ces cannes sont grosses bien trois paumes, et longues de dix ou de quinze, et se taillent d'un nœud à autre de travers. Et de ces coupons est fait ce palais. » Il se monte et se démonte en fort peu de temps. « Quand il est tendu, plus de deux cents cordes, toutes de soie, le soutiennent. » Ce palais semble fait pour rappeler au grand Kaan la maison de verges de ses ancêtres, et lui donner une illusion de vie nomade. La grandeur du parc et ses multiples aspects rendaient sensible le plaisir de ces migrations.

Au dire de Marco Polo, le grand Kaan jouissait d'un beau temps perpétuel à Ciandu. Le ciel restait serein au-dessus de son parc, tandis que les nuages et la pluie assombrissaient les alentours. Cublay-kaan devait ce privilège à « l'art diabolique » d'enchanteurs bouddhistes du Cachemire et du Thibet, qui l'amusaient encore par d'autres tours non moins merveilleux.

Pas plus que les autres Tartares, Cublay-kaan ne peut se passer du lait de jument. Il entretient à Ciandu ou aux environs, un haras de dix mille cavales blanches, sans

taches d'aucune autre couleur. Personne ne boit de leur lait, si ce n'est le grand Kaan et sa famille, les autres princes et princesses issus de Genghis-kaan, et les membres de certaine tribu tartare, en récompense d'un service signalé rendu à Genghis-kaan dans une bataille.

Quand le troupeau des dix mille cavales se déplace, il n'est permis à personne de se trouver sur son passage. Les plus nobles seigneurs s'en écartent, dussent-ils faire une demi-journée de chemin. Le vingt-huitième jour d'août, le grand Kaan ayant quitté Ciandu, on prend tout le lait de ces juments, et on va le jetant sur le sol, afin que la terre et l'air, les esprits qui s'y meuvent, et les idoles en aient leur part. A ce prix, on espère assurer le salut du grand Kaan, de ses femmes, de ses enfants, de ses sujets, de leurs troupeaux et de leurs récoltes. La cérémonie, par elle-même et par les effets qu'on s'en promet, est en parfaite analogie avec celle du brouet de viande répandu en l'honneur du dieu Nacigay et de sa famille, devant les cases des Tartares primitifs. Les Tartares « abâtardis » n'avaient pas abandonné leurs usages primitifs autant que semble le dire Marco Polo.

Ayant commencé à exposer « le fait » du grand Kaan à propos de Ciandu, notre auteur s'y attache et le développe dans toutes ses parties. Cela nous mène à Cambaluc ou Pékin, capitale et centre administratif du plus grand des royaumes tartares, et résidence principale du grand Kaan. A cette occasion Marco Polo nous trace le portrait du monarque régnant.

« Le grand Kaan, Seigneur des seigneurs, qui Cublay est appelé, est de telle façon. Il est de belle façon, ni petit ni grand, mais de moyenne grandesse. Il est charnu, de belle manière, et est bien taillé de tous ses membres. Il a le visage blanc et vermeil ; les yeux noirs, le nez bien fait et bien séant. »

Ménage du grand Kaan. Cublay a quatre femmes

regardées comme épouses légitimes et honorées du titre d'impératrices, c'est-à-dire probablement, du titre de *khatoun*, comme les reines des Tartares de Perse et de Russie méridionale. « Et chacune de ces quatre dames tient très belle cour et grande, par soi. Car il n'y a nulle qui n'ait trois cents damoiselles belles et plaisantes. Elles ont maints vaillants écuyers, maints autres hommes et femmes, de sorte que chacune de ces dames a bien en sa cour dix mille personnes. »

Outre ses quatre épouses, Cublay a d'autres femmes, par centaines, dont une tribu de Tartares « qui sont très belles gens », a le privilège de le fournir. Celles-ci se contentent du rang de servantes ; elles sont réparties par groupes de six, qui font le service des appartements de Cublay à tour de rôle durant trois jours.

L'aîné des vingt-deux fils que Cublay-kaan a eu de ses femmes légitimes, lui succédera de droit.

La cour du grand Kaan, avec celles des reines, forme un total qui ne peut guère rester au-dessous de cinquante mille personnes. Pour loger tant de monde, il faut une ville. L'enceinte d'un mille carré qui lui est réservée à Cambaluc, et qui comprend le palais royal et seize autres « grands palais très beaux et très riches, où se tient tout le harnais du Seigneur », semble à peine suffisante pour le contenir, surtout si l'on considère que le palais royal est dépourvu d'étage. Le mille carré est encore rétréci par une rivière élargie en lac, qui le traverse en entier d'un coin à l'autre ; il contient en outre des prairies, des vergers, et des animaux d'espèces diverses, si nombreux « que tout en est plein », sauf les voies de circulation. L'entretien de tant d'animaux suppose des constructions spéciales. Ils sont parqués dans la première des deux enceintes.

Le palais royal s'élève dans l'enceinte intérieure, qui est un carré tant soit peu allongé, concentrique au premier. Les seize arsenaux contigus aux remparts, sont situés en

partie aux quatre angles, en partie à égale distance des angles, dans les deux enceintes. En chaque arsenal ne se trouvent déposés que des objets d'une même sorte, dans celui-ci des arcs, dans celui-là des carquois, dans un troisième des selles, et ainsi de suite. Les deux enceintes ont chacune cinq portes, toutes dans la face qui regarde le midi : une, la plus grande, au milieu ; une à chaque extrémité ; une, de part et d'autre, entre le milieu et l'extrémité du mur. A l'enceinte extérieure, la grande porte s'ouvre seulement « quand le grand harnais sort pour ost (armée) ». Cette disposition des portes, rappelle aussi les maisons de verges des droits Tartares, dont l'entrée était toujours au midi.

Le palais du grand Kaan n'est pas précisément à rez de terre ; il repose sur un soubassement de dix palmes de hauteur. Quoique dépourvu d'étage, il est très haut. La salle principale est assez vaste pour y donner un festin à six mille personnes ; les chambres sont innombrables. Les murs du palais et des appartements sont couverts d'or, d'argent et de peintures, « dragons, bêtes, oiseaux, chevaliers », et le reste. Si nous comprenons bien Marco Polo, le toit du palais est formé de poutres serrées les unes contre les autres. A l'extérieur, ces poutres sont peintes en vermeil, jaune, vert, bleu, et autres couleurs. Elles sont si bien vernissées qu'elles brillent comme des cristaux, et jettent au loin un vif éclat. Au jugement de notre voyageur, le palais de Cublay-kaan réalise toute la perfection de l'art humain.

A côté de son palais, Cublay-kaan en a bâti un autre, absolument semblable, pour son héritier présomptif.

Très curieux aussi le « mont Vert », au nord et à une portée d'arc du quartier royal. C'est une colline artificielle, haute de cent pas (plus de 140 mètres, s'il faut entendre le pas latin), et « dure bien un mille » (environ 1500 mètres, dans la même hypothèse). Elle est entièrement couverte d'arbres, qui ne perdent jamais leurs feuilles, et sont

toujours verts. Si le grand Kaan apprend qu'il y a quelque part un bel arbre, il le fait enlever avec la terre et les racines, quelque grand qu'il soit, et transporter au mont Vert par ses éléphants. De la sorte, « il a les plus beaux arbres du monde », dit Marco Polo, avec sa prédilection marquée pour cette forme de superlatif. De plus « il fait couvrir tout ce mont de rose et de lasur (?) qui est vert », de sorte qu'on n'y voit que du vert, et que « certes il a bien son nom à droit ». Ce n'est pas tout. Au sommet de la colline, on trouve un grand et beau palais « tout vert dehors et dedans ». Le mont Vert est un séjour délicieux, et le grand Kaan s'y plaît extrêmement.

Revenons au palais principal, assister aux fêtes du grand Kaan.

« Quand le grand Kaan tient sa table pour aucune cour qu'il fasse, il se sied en telle manière : sa table est très haute, plus que les autres. Il sied en tramontane, de sorte que son visage est contre midi, et sa première femme sied à côté de lui, à la partie gauche. Et à la partie droite, siéent, un peu plus bas, ses fils et ses neveux, et ses parents, ceux du lignage impérial. » L'estrade du souverain domine tellement les sièges réservés à ses parents que la tête de ces derniers est au niveau de ses pieds. Après les princes royaux, « les barons siéent à d'autres tables plus bas. Et ainsi va des femmes ; car toutes les femmes aux fils du Seigneur et de ses neveux et de ses autres parents siéent à partie gauche, aussi plus bas. Et après siéent toutes les autres dames, des barons et des chevaliers, aussi plus bas ; car chacun sied en son lieu, qui est réglé par le Seigneur. Et sont les tables en telle manière que le grand Sire les peut toutes voir d'un bout à l'autre, dont il y a en grande quantité ».

Cependant, en dehors de cette salle, mangent plus de quarante mille hommes. Ceux-ci, bien qu'en seconde classe, ont payé leur écot. Ce sont en effet des étrangers

qui ont apporté leurs présents, autrement dit leurs tributs, au grand Kaan.

Marco Polo s'abstient de détailler le menu de ces festins parce qu'on doit croire, dit-il, que les plats sont abondants et variés. Il insiste au contraire sur le vin, qui coule à flot, et qu'on sert d'une façon curieuse. « En un lieu de cette salle où le grand Kaan tient sa table, est un grand pot de fin or », d'énorme capacité. A chaque coin de ce grand pot, en bas, il y a un récipient dans lequel découlent, comme d'une source merveilleuse, « de bons breuvages d'épices très fines, et de grande valeur ».

A Caracoroum, au palais de Mangu, prédécesseur immédiat de Cublay, le grand pot était en argent, et de la façon de maître Guillaume, orfèvre parisien au service du grand Kaan. Rubruquis donne une description détaillée de cet intéressant objet. Nous la citons dans la vieille traduction de Bergeron :

« Pour ce qu'il n'eût pas été bienséant ni honnête de porter des vases pleins de lait, ni d'autres boissons, en ce palais, pour cela ce maître Guillaume lui avait fait (à Mangu) un grand arbre d'argent, au pied duquel étaient quatre lions, ayant chacun une pipe ou canal d'où sortait du lait de jument. Les quatre pipes étaient cachées dans l'arbre, montant jusqu'au sommet, et de là s'écoulaient en bas. Sur chacun de ces muids ou canaux, y avaient des serpents dorés, dont les queues venaient à environner le corps de l'arbre. De l'une de ces pipes, coulait du vin, de l'autre du *cara-cosmos*, ou lait de jument purifié, de la tierce du *ball*, ou boisson faite de miel, et de la dernière de la *teracine*, ou boisson faite de riz. Au pied de l'arbre, chaque boisson avait son vase d'argent pour la recevoir. Entre ces quatre canaux, tout au haut, il y avait un ange d'argent, tenant une trompette ; et au-dessous de l'arbre un grand trou, où un homme pouvait se cacher, et un conduit assez large montait par le cœur, ou milieu de l'arbre, jusqu'à l'ange. Ce maître Guillaume avait fait, au

commencement, des soufflets pour faire sonner la trompette ; mais cela ne donnait pas assez de vent. »

Le grand pot de Cublay est une imitation manifeste de l'arbre d'argent de Mangu. Sans Rubruquis, nous aurions été tenté d'attribuer à l'art chinois une œuvre qui relève, en dernière analyse, de l'art parisien. N'ayant pas vu de Latins avant les Poli, Cublay-kaan n'a pas connu maître Guillaume, mais l'arbre d'argent, qu'il a certainement admiré, doit avoir augmenté son désir de posséder des Européens.

Au bas et à chaque angle du pot de fin or de Cublay, se trouvait attaché, comme nous l'avons rapporté, un récipient dans lequel descendait le vin, ou les boissons fermentées auxquelles Marco Polo donne ce nom. On y puisait dans des vases d'or, que la relation nomme vernigaux, d'une contenance suffisante pour dix personnes. On posait un vernigal entre deux convives, tant du côté des femmes que du côté des hommes. Chacun y puisait avec un gobelet d'or à anses. « Ces vernigaux et ces hanas (gobelets) valent un grand trésor. Le grand Kaan a une si grande quantité de cette vaisselle et d'autre, d'or et d'argent, qu'il n'est nul qui l'entendît et ne le vît, qui le pût croire. »

Les grands barons qui servent les mets et les boissons au grand Kaan « ont couverte la bouche, et le nez, de belles touailles (foulards) d'or et de soie, à ce que leur haleine, ni leur odeur n'entre en la viande, ni ès breuvages du grand Sire. Et quand le Seigneur doit boire, tous les instruments qu'il a, dont il a grande quantité de toutes sortes, commencent à sonner. Et quand il tient la coupe en main, tous les barons, et tous ceux qui y sont, s'agenouillent, et font signe de grande humilité. Et alors boit le grand Sire. »

Après le repas, on introduit dans la salle des jongleurs et des sauteurs, rompus à leur art, qui font les tours les plus amusants. Tout le monde rit et se fait joie ; le grand

Kaan donne l'exemple de la gaieté. Il est sans doute au comble du plaisir au moment où il voit entrer dans la salle un lion, qui se jette à terre devant lui, « fait signe de grande humilité, et semble le reconnaître pour son seigneur, et demeure ainsi devant lui sans nulle chaîne ».

A propos de l'anniversaire du grand Kaan, Marco Polo marque un détail très coûteux des fêtes du palais.

« Le jour de sa nativité le grand Kaan se vêt de ses meilleurs draps à or battu », et les douze mille barons et chevaliers de sa cour ont un costume de tout point semblable au sien, et de même couleur. Ils serrent leurs robes d'une ceinture d'or et portent de riches chaussures. Robes, ceintures, chaussures, sont présents du grand Kaan. Il va sans dire que celui-ci est le plus magnifiquement vêtu, et que les costumes de ses courtisans diffèrent d'éclat suivant les divers degrés de dignité, mais tous les habits sont fort riches. Telles, parmi les robes, sont chargées de tant de perles et de pierres précieuses, que Marco Polo en estime la valeur totale, pour chacune, à dix mille besants d'or. S'il attribue, comme il est plus que probable, à cette monnaie la valeur de Venise en son temps, dix mille besants d'or faisaient environ 150 000 francs. Et ce n'est pas une seule fois, c'est treize fois par an, que le grand Kaan habille ainsi ses douze mille barons et chevaliers !

La couleur des robes, qui est la même pour tous, y compris le grand Kaan, varie à chaque fête. Autant de fêtes, autant de couleurs ; la même couleur ne reparaît pas de l'année.

Le jour de la naissance du grand Kaan, « tous les idolâtres, et tous les sarrazins (les musulmans), et tous les chrétiens et toutes les autres générations de gens font grandes oraisons et grandes prières, chacun à son dieu, à grand chant et grand luminaire, et grand encens, pour qu'il leur sauve leur Seigneur et lui donne longue vie et joie et santé ».

A la fête du nouvel an, les Tartares, hommes et femmes, grands et petits, se revêtent d'habits blancs ; ils se font présent de choses blanches ; ils s'entre-baisent, et se livrent à la joie, persuadés que ces démonstrations leur sont un gage de bonheur pour les douze mois. Le grand Kaan porte la même couleur, et la donne aux Douze-Mille ; il reçoit à son tour choses blanches, et autres. Il lui vient de la part des « gens de toutes provinces et régions et royaumes et contrées qui de lui tiennent terre », plus de cent mille chevaux blancs de première qualité, et « grands présents d'or, d'argent et de perles et de maints riches draps ».

Voici le programme de la fête blanche au palais. 1° Parade d'éléphants et de chameaux. 2° Inspection, par le grand Kaan, des présents offerts. 3° Adoration du grand Kaan par l'assistance. 4° Banquet. 5° Séance de prestidigitation et virtuosités de saltimbanques,

Les éléphants royaux, au nombre de cinq mille, toutes bêtes de choix, défilent devant le souverain ; ils sont couverts de riches étoffes à broderies. Sur chaque animal, pèsent deux coffres renfermant la vaisselle et d'autres ustensiles et choses nécessaires pour la « blanche fête ». Défile aussi « grandissime quantité de chameaux », vêtus richement, apportant à même fin des objets dont la nature n'est pas précisée par Marco Polo. Il n'indique non plus la couleur des housses ni pour les éléphants, ni pour les chameaux ; on risque peu de se tromper en les supposant blanches.

« Avant que les tables soient mises, tous les rois et tous les comtes, et tous les ducs et marquis et chevaliers et astronomiens (astrologues) et philosophes, et médecins et fauconniers, et maints autres officiers de toutes les terres d'alentours, viennent en la grande salle devant le Seigneur. Et ceux qui ne peuvent entrer dedans demeurent en tel lieu dehors que le Seigneur les peut bien tous voir. Et sont tous rangés en telle manière : premièrement sont

ses fils et ses neveux, et ceux de son lignage impérial. Après sont les rois et puis les ducs, et puis chacun après l'autre selon le degré qui lui est convenable. Et quand ils sont assis chacun en son lieu, alors se lève un des plus sages, et dit à haute voix : *Inclinez-vous et adorez*. Et aussitôt qu'il a ce dit, ils s'inclinent à l'instant et mettent leur front en terre, et font leurs oraisons envers le Seigneur. Et ils l'adorent comme un dieu, et en telle manière l'adorent quatre fois. Et puis, ils vont à un autel qui est très bien orné. Et sur cet autel, il y a une table vermeille en laquelle est écrit le nom du grand Kaan. Et il y a un bel encensoir d'or, et ils encensent cet autel et cette table à grande révérence. Puis s'en retourne chacun en son lieu. »

Après avoir reçu ces hommages plus qu'humains, le grand Kaan inspecte les présents offerts; on les a déposés dans la même salle, à l'exception, on le pense bien, des cent mille chevaux. Enfin, on met les tables. Le festin et la séance amusante se passent de la façon rapportée ci-dessus.

La cérémonie de l'adoration devait répugner à des chrétiens. Comment les Poli s'y comportaient-ils ? Marco ne le dit pas. Mais les Frères mineurs, qui vinrent peu après eux en Chine et durent faire acte de présence aux fêtes du grand Kaan, semblent avoir tourné la difficulté. « J'ai demeuré là (à Cambaluc) trois ans, dit le bienheureux Oderic, et j'ai assisté assez souvent aux fêtes royales. Car nous, Frères mineurs, nous avons notre place spécialement marquée dans cette cour, et nous devons toujours nous avancer les premiers, et donner au Seigneur Roi notre bénédiction. » Cela dispensait probablement les Frères mineurs du grain d'encens à brûler sur l'autel de vermeil.

Le luxe des chasses de Cublay-kaan égale celui des fêtes du palais.

Le grand Kaan a naturellement droit de chasse dans tout son empire. Mais il se réserve à lui seul et à ses compagnons la région qui comprend au nord la vallée de l'Amour et s'étend vers le midi à peu près jusqu'à la vallée du When-ho, fleuve qui se jette dans la mer à peu de distance au sud de Pékin. Il y mène la vie nomade et y chasse constamment durant mars, avril, et la première quinzaine de mai ; il bat la campagne du sud au nord, jusqu'à Caciar Modun, près de la mer du Japon, en face de l'île d'Yeso, d'où il rayonne ensuite de côté et d'autre. Le terrain de la chasse royale s'étend en toutes directions jusqu'à vingt journées de distance à partir de ce point. A la mi-mai, le grand Kaan retourne à Cambaluc. Il y demeure trois jours, et « tient grande fête et très grande cour, et mène très grande joie et grand soulas (plaisir) avec ses femmes ». Il part ensuite pour Ciandu, où il goûte l'ombre et le frais, et s'exerce doucement, durant trois mois.

Avant ses chasses, le grand Kaan est fourni de gibier, durant les mois de décembre, janvier et février, par ceux de ses sujets qui habitent la zone de vingt à trente journées de Cambaluc. Il prélève sur eux les grosses pièces, comme sangliers, daims, cerfs, lions, ours, et autres grandes bêtes. Ceux de la zone de trente à quarante journées chassent de même, durant cette saison, au profit de leur seigneur, mais celui-ci ne réclame d'eux que les peaux, qu'il reçoit préparées. Il les affecte à l'usage de son armée.

De mars à octobre, la chasse au lièvre, au cerf, au chevreuil, est défendue dans tout le royaume, ce qui fait que ces gibiers y foisonnent. En dehors des mois susdits, les chasse qui veut.

Dans ses battues du Petchéli et de Mandchourie, le grand Kaan a pour auxiliaires, en fait d'animaux, de grands carnassiers apprivoisés. Il chasse, lui et l'armée qui l'accompagne, avec des léopards, des loups, et des

lions. Mais ces derniers, d'après la description qu'en fait Marco Polo, sont en réalité des tigres. On lance les tigres sur les bœufs sauvages, les onagres, les cerfs, et autres grosses pièces. Cublay a de plus « une multitude d'aigles, tous dressés à prendre loups, renards, daims et chevreuils ». Les aigles spécialement employés à la chasse du loup sont si grands et si puissants, qu'il n'est loup qui leur échappe. Outre ces animaux, le grand Kaan mène à la chasse dix mille « chiens mâtins ».

Les chiens sont répartis en deux bandes, qui fonctionnent sous la conduite de deux troupes de dix mille hommes et le commandement supérieur de deux barons, nommés *Cunici*, c'est-à-dire, préposés aux chiens. Chacun d'eux a sa troupe de dix mille hommes, distinguée par la couleur des costumes, les uns portant du vermeil, les autres du bleu.

Les fauconniers sont au nombre de dix mille, et les gerfauts, faucons pèlerins, faucons sacres, etc., à proportion. Il y a des autours, pour prendre le gibier de marais. Les fauconniers sont disséminés deux à deux sur un vaste espace.

En compagnie du grand Kaan, chassent plusieurs milliers de barons, avec leur attirail à eux. Comme il faut des tentes pour camper, et par conséquent des gens de service et des bêtes de somme, l'armée des chasseurs, avec tout ce qu'elle traîne, ressemble à un monde en migration. Elle s'avance, balayant le pays sur la largeur d'une journée de marche.

Cublay tient le milieu de la ligne, avec les vermeils d'un côté et les bleus de l'autre. « Le grand Sire va sur quatre éléphants, sur lesquels il a fait une très belle chambre de bois, qui est, dedans, toute couverte de draps à or battu, et dehors est couverte de peaux de lion. Il tient toujours là avec lui douze gerfauts, des meilleurs qu'il ait. Et sont avec lui aussi plusieurs barons qui lui tiennent compagnie. » Il va par sa chambre pour se

dégourdir les jambes, ou reste assis mollement, à moins qu'il ne soit tiré de sa quiétude par un des barons chevauchant à côté des éléphants, qui vient lui dire : « Sire, grues passent ! » Alors on découvre la tente, ce qui semble devoir se faire en un clin d'œil. et le grand Sire lâche un gerfaut, qui ne tarde pas, d'ordinaire, à revenir avec sa proie.

A Caciar Modun, la scène change. Dix mille pavillons, « beaux et riches, » s'élèvent là pour recevoir le grand Kaan et sa suite. Le monarque, ses barons, les médecins, les astrologues, les fauconniers, et les autres officiers, y ont été précédés par leurs femmes et leurs enfants. Le camp a l'étendue, la population, le mouvement et l'agitation d'une grande ville.

Au dire de Marco Polo, le pavillon du grand Kaan est d'un luxe invraisemblable. C'est un ensemble si vaste que mille personnes s'y tiendraient à l'aise. Trois pièces excitent principalement l'admiration : la chambre à coucher du monarque, le cabinet où il se tient le jour, et la grande salle où les courtisans font antichambre. Les trois appartements sont séparés du reste et communiquent intérieurement. « Chacune des salles a trois colonnes en bois revêtues de peau de lion, rayée de noir, de blanc, et de vermeil, de sorte que ni pluie ni vent ne peut leur nuire. » Les trois salles sont tapissées de même à l'extérieur, contre le vent et la pluie ; au dedans, elles sont fourrées d'hermine, et de zibeline, la reine des fourrures, comme disaient les Tartares, et si prisée chez eux, au rapport de Marco Polo, qu'une pelisse de zibeline pour homme coûtait jusqu'à deux mille livres d'or. On sait par d'autres témoignages que la zibeline se vendait alors à des prix fabuleux (1). L'hermine et la zibeline sont si artiste-

(1) Les fourrures de choix atteignaient encore des prix exorbitants au XVIIIe siècle. Deux pelisses que la czarine fit remettre en 1740 à l'ambassadeur de France en Russie, pour madame de Mailly, favorite de Louis XV, avaient coûté, l'une trente mille et l'autre soixante mille livres ; « car c'est

ment combinées dans les tentures des trois salles que c'est quelque chose de divin à voir. En un mot, ces pièces sont si riches « qu'un roi ne les pourrait payer ».

Une fois établi à Caciar Modun, le grand Kaan chasse de préférence le gibier emplumé, surtout le gibier aquatique, comme y invite la contrée même, parsemée de lacs, coupée de rivières, et abondante en cygnes, en grues, et en beaucoup d'autres variétés d'oiseaux. Les habitants du pays se mettent de la partie. Ils ne cessent de chasser et « d'oiseler » ; ils apportent tous les jours au grand Sire « quantité de venaison et d'oiseaux de toute espèce à grande profusion ». Aussi fait-on bonne chère au camp de Caciar Modun, « que c'est merveille à conter ».

Quand il parle des constructions, des trésors, du faste, et des prodigalités de Cublay-kaan, Marco Polo craint toujours d'être taxé d'exagération. Et certes, ses assertions étonnent d'abord ; mais on s'en rend compte, si l'on considère les ressources réelles de l'empire tartare, et le système monétaire au moyen duquel Cublay-kaan attire dans ses coffres les métaux précieux, les pierreries, les perles, en quantités énormes.

Abstraction faite de la Sibérie septentrionale, qui comptait peu, et de la Sibérie occidentale, soumise à un autre sceptre tartare, la très grosse moitié de l'Asie obéit à

extrêmement cher dans le beau », écrivait Barbier, en notant le fait dans son journal. On reverra, dans le même genre, des prix flatteurs pour la vanité de certaines créatures, si l'on continue à chasser les bêtes à fourrures avec une ardeur qui annonce la destruction de ces races. En 1898, la Russie et la Sibérie exportèrent les dépouilles d'environ cinq millions de ces animaux, ce qui représente seulement les cinq septièmes de la matière fournie aux pelleteries par le marché de Londres dans le cours de la même année. Et la Russie dont la population et la richesse augmentent, consommera de plus en plus d'un produit fait surtout pour elle. On essaie avec quelque succès l'élevage du renard bleu dans les îles Pribyloff, de la mer de Behring, d'après un article signé P. Diffloth, que je lis dans le PATRIOTE du 23 janvier dernier, et dont j'extrais ces renseignements sur le commerce actuel des fourrures. Mais la plupart des races qui donnent les fourrures de valeur, semblent peu susceptibles de domestication.

Cublay. Or, la Chine seule est plus grande que ne le fut jamais l'empire romain ; l'agriculture, l'industrie et le commerce y fleurissaient. Fallait-il davantage pour assurer à jamais les finances des grands Kaans ? Le seul gouvernement de Quinsay, un des neuf du Mangy ou Chine méridionale, rapportait à Cublay-kaan, d'après les données de Marco Polo et les calculs de Pauthier, l'équivalent métallique de 237 000 000 de francs. Cette province est taxée en général à trois ou trois et demi pour cent des marchandises et produits, et à dix pour cent de la soie, « dont il y a si grande abondance que c'est merveille ». Le même régime s'applique au reste de la Chine méridionale. Le gouvernement de Concha, pareillement un des neuf du Mangy, donne au grand Kaan, grâce au port de Çaiton, autant, sinon plus, que celui de Quinsay. A ce port, un des plus grands du monde, Cublay-kaan perçoit : sur le bois d'aloès, le sandal, et « autres grosses marchandises », cinquante pour cent ; sur le poivre, quarante-quatre pour cent ; sur les pierreries, perles, et « autres marchandises déliées (fines) », dix pour cent. Et les produits étrangers, si fortement imposés, pénètrent en Chine par tous les ports et toutes les voies fluviales, notamment par le fleuve Bleu, qui les distribue par lui-même et par ses grands affluents, dans la moitié de la Chine, et peut-être jusque dans le Thibet. Le grand Kaan exploite à son profit les mines d'asbeste ou amiante de l'Altaï, les mines de turquoises du Gaindu, dans le voisinage du Thibet et du Bengale, ainsi que les perles d'un lac du même pays de Gaindu, si abondantes qu'on les pêche avec mesure, pour en maintenir la valeur, comme nous avons vu le roi du Balacian, dans l'Asie centrale, en user pour ses rubis balais. Si Marco Polo mentionne seulement ces trois monopoles, il ne s'ensuit pas que le grand Kaan s'en soit contenté ; car Marco Polo ne s'applique nulle part à dresser la liste complète des revenus du monarque. Il en dit assez néanmoins pour nous faire comprendre que

Cublay-kaan imposait et exploitait généralement tout ce qui pouvait l'être dans son vaste empire.

Mais la grande ressource de Cublay, c'est un « arcane », dont Marco Polo lui attribue la découverte, et qu'il compare au secret de l'alchimie. En réalité, d'après Pauthier, l'arcane a été communiqué à Cublay par son ministre des finances, Achmed, un aventurier natif du Turkestan ; il mérite son nom d'arcane, en ce sens qu'il contient des germes de ruine, qui finiront par éclore, et que ne soupçonnent ni le grand Kaan, ni ses sujets. Ce qui étonne, c'est que ni Marco Polo lui-même, ni, par conséquent, les deux autres Poli, ne sont plus perspicaces en ce point que les Tartares et les Chinois. L'arcane n'est autre chose qu'un détestable papier-monnaie.

L'écorce intérieure du mûrier en fournit la matière. On la coupe en morceaux de grandeurs inégales, que Cublay fait marquer de son sceau, et auxquels il attache des valeurs fictives, augmentant avec les dimensions des pièces, depuis comme qui dirait deux centimes jusqu'à cent vingt francs ou plus. Cublay fabrique du papier-monnaie sans mesure, et il en rend le cours obligatoire dans le commerce. Le refuser, c'est encourir la peine capitale, sans rémission ni délai. Pour le moment, l'affaire marche sans l'emploi des grands moyens. Bien plus, les Tartares et les Chinois sont ravis d'une monnaie dix fois moins pesante que l'or, et qui ne possède pas à leurs yeux moins de vertu ; ils n'aiment rien tant que de donner de l'or, de l'argent, des pierres précieuses, au grand Kaan, qui paie ces valeurs en liber de mûrier. De la sorte, « il a tout le trésor de ses terres », et « sans qu'il lui en coûte rien », parce qu'une grande partie du sol de la Chine, Marco Polo le dit naïvement, est couverte de mûriers pour la culture du ver à soie !

Ibn Batoutah trouvera encore les Chinois enchantés de ce papier-monnaie, au point de refuser le paiement en or dans les transactions. Cependant ils ne tarderont plus

guère à ressentir les pernicieux effets du système, et alors la dynastie de Genghis-kaan sera renversée.

En attendant, on jouit de la sécurité, et le grand Kaan est aimé de son peuple, au moins des Tartares, à cause de sa bienfaisance, dont il multiplie les œuvres, grâce apparemment au papier-monnaie. Chaque année, sur les rapports qu'il demande régulièrement, il fait remise d'impôts, et souvent procure en outre des secours en froment, orge, mil, riz, ou en bétail, à ceux qui, en tout pays de sa domination, ont éprouvé des dommages dans ces récoltes essentielles ou dans leurs troupeaux. Il amasse des céréales de provision dans toutes ses provinces, pour les débiter à des prix modérés, en cas de disette. Enfin, il se montre spécialement compatissant envers les pauvres de Cambaluc, pour lesquels il a bâti beaucoup d'hospices. Il distribue quotidiennement aux indigents trente mille pains chauds des boulangeries du palais.

Le palais du grand Kaan, celui de son héritier présomptif et le mont Vert couvrent trois milles carrés, des trente-six sur lesquels s'élève Cambaluc, bâti par Cublay à côté de l'ancienne ville du même nom. Le nouveau Cambaluc forme un carré de six milles de côté, entouré d'un rempart, avec trois portes à chaque face, avec un palais à chaque porte et à chaque angle. Ces édifices, « très beaux et très grands », abritent les douze mille hommes et le matériel de la garnison de Cambaluc. Cette garnison est pour l'honneur du grand Kaan, et le soin de la police, nullement pour la sûreté du souverain, qu'aucun danger ne menace. — Les douze mille barons qui se succèdent dans la garde du palais, par divisions de trois mille, sont simplement décoratifs. — Grâce à la disposition symétrique des portes, et au tracé régulier des rues de Cambaluc, on voit d'une porte de la ville, la porte qui lui fait face au rempart opposé, ou plutôt, à cause de la distance de six milles, le château qui la surmonte.

Outre les seize palais mentionnés, la ville en possède beaucoup d'autres, « très beaux et très grands », qui sont ceux des princes et des nobles tartares. A mentionner spécialement, au milieu de la ville, un « grandissime palais », avec une cloche, qu'on sonne le soir, au moment où chacun doit regagner son logis ; car, suivant un règlement qui semble d'inspiration chinoise, on ne circule la nuit dans les rues, que pour porter secours aux malades. — Marco Polo parle aussi d'un vaste hôtel composé de plusieurs édifices qu'il nomme palais, et d'un ensemble de maisons, dans lequel résident, avec leurs aides, douze barons, chargés du gouvernement suprême des vingt-quatre provinces de l'empire, sous la présidence du grand Kaan. Mais cet établissement pourrait bien être le même que le palais à la cloche.

La ville compte beaucoup de belles maisons particulières, celles des barons et chevaliers tartares et d'autres ; de plus, quantité d'hôtelleries, spacieuses et riches, dont nous comprenons la nécessité, après avoir vu quarante mille étrangers assister aux fêtes du grand Kaan.

Population plus nombreuse encore, pas moins de belles maisons, et beaucoup d'hôtelleries, dans les douze faubourgs, semblables à autant de villes, qui correspondent aux douze portes de Cambaluc. Une foule immense d'étrangers habitent ces quartiers. Ce sont probablement des marchands attirés par le commerce, très actif à Cambaluc, d'après notre voyageur, qui en parle en ces termes :

« Je vous dis qu'en cette cité vient plus de chères choses et de grande valeur et étranges, qu'en cité qui soit au monde, et quantité de toutes choses. Car chacun en y porte de chacune part, qui pour le Seigneur, qui pour la cour, qui pour la cité, qui est si grande, qui pour les barons et les chevaliers dont il y a tant, qui pour les grandes armées du Seigneur qui demeurent là autour...

C'est sans fin de toutes choses. Il n'est jour en l'an que, de soie seulement, il n'entre mille charrettes en cette cité. »

Ce grand centre anime deux cents villes à la ronde par le flux et reflux des échanges.

V

LA CHINE, LE THIBET, L'INDO-CHINE D'APRÈS MARCO POLO

Après nous avoir promenés dans la région tartaro-chinoise où s'étale la magnificence du grand Kaan, Marco Polo nous fait parcourir une grande partie de la Chine, le Thibet, l'Indo-Chine septentrionale, en touchant ou en indiquant le Bengale au passage. Il achève de révéler à ses contemporains l'immense étendue de l'Asie au delà de la Perse et de l'Indostan.

Partant de Cambaluc, il gagne la frontière du Thibet en quatre-vingt-deux journées de marche, poussant toujours à ce qu'il dit vers l'ouest, à cela près que pour vingt journées par montagnes, immédiatement avant d'arriver au Thibet, il oublie ou plutôt, à cause des fréquents détours et du ciel étroit des vallées, il n'est pas capable de nous orienter. Il doit avoir fléchi là vers le sud. Car en réalité, il a suivi une direction générale sud-ouest ; il a traversé la fleuve Bleu, ou Kiang-tsé, à un endroit où la navigation y est très animée, par conséquent assez loin de ses sources, et dans la région où il cesse de couler parallèlement au Mékhong, le grand fleuve de l'Indo-Chine. Il nous montre ensuite, et avec plus de détails, une large zone du littoral chinois, à partir des environs de Pékin jusqu'au port de Çayton, en face de l'île Formose.

Il relève un peu plus d'éléments de géographie physique dans son esquisse de la Chine que dans le reste de sa description. Nous avons reproduit plus haut ses rensei-

gnements sur la fleuve Bleu. Nous reconnaissons le fleuve Jaune dans le Caramoram que nous traversons à sa suite à vingt-et-une journées à l'ouest de Cambaluc, et une seconde fois à une trentaine de journées au sud de la même ville, tout près de la mer Orientale. Comme il fait venir le Caramoram « de la terre de Prêtre-Jean », et que cette terre, le Tanduc, borne le désert de Gobi au sud-est, il permet de conclure que le fleuve Jaune suit une direction générale du nord-ouest au sud-est dans une grande partie de son cours. A une journée de l'embouchure, il donne au fleuve Jaune un mille de largeur. Là où il le traverse en premier lieu, par conséquent très loin de son embouchure, ce fleuve est si large, « qu'on ne peut le passer par pont ». Le détail est significatif sous la plume d'un voyageur qui a vu sur les fleuves et les lagunes de Chine des ponts de 300, de 500, et de 1000 pas de longueur. Au même endroit, le « Caramoram est très profond, si bien que de grandes nefs y pourraient naviguer ». De fait, on ne voyait pas de grands bateaux sur le fleuve Jaune, et si la navigation y était assez active, elle l'y était pourtant infiniment moins que sur le fleuve Bleu. Il en va de même aujourd'hui, à cause des bancs de sable formés et reformés sans cesse par le cours impétueux du fleuve Jaune.

La relation parle très vaguement de quelques autres fleuves chinois.

L'orographie de la Chine n'y est pas même esquissée ; elle laisse seulement soupçonner une région montagneuse assez vaste près du Thibet, sur la rive gauche du fleuve Bleu, et représente le Mangy, ou Chine méridionale, comme généralement moins montueuse, plus basse, et beaucoup plus humide que les provinces du Nord. Au Mangy, « il n'y a nulle cité qui ne soit environnée d'eau plus large que la portée d'une arbalète et fort profonde ». Tous les chemins sont « pavés de pierres », de sorte « qu'on peut bien chevaucher et aller partout nettement. Et n'était le pavement, on n'y pourrait pas aisément chevaucher ; car

le pays est très bas et plain ; et il y a beaucoup de mares quand il pleut ».

Pour le tracé des côtes, il ne se dégage de la relation de Marco Polo que deux traits peu précis : la Chine est bornée à l'est par l'Océan ; à partir pour le moins de Çayton, en face de Formose, la côte s'infléchit, sur une longueur de 1500 milles, suivant une ligne sud-sud-ouest, jusqu'au Cyamba, ou Cochinchine.

Marco Polo n'emploie le nom de Cim ou Chine qu'en un seul passage de sa relation. D'après lui, le nom n'était pas en usage chez les Chinois, mais seulement dans les îles de la mer Orientale, pour désigner le Mangy ou Chine méridionale ; il pouvait dire aussi dans l'Inde et chez les Arabes. Ces derniers entendaient par le mot *Sin*, toute la Chine, ou spécialement la Chine méridionale, quand ils voulaient la distinguer du Catay.

Comme les géographes arabes, Marco Polo, nous le savons déjà, divise la Chine en deux grandes parties, le Catay au nord, le Mangy au sud. Suivant sa relation, le cours inférieur du fleuve Jaune les sépare à l'est; il marque moins la division pour le reste de la Chine. On voit seulement qu'après avoir traversé le fleuve Jaune à vingt-et-une journées de Cambaluc, à l'ouest, Marco Polo chemine durant cinquante-quatre autres journées par le Catay, et arrive ainsi à Syndifu. Cette ville, située sur le fleuve Bleu, est proche du Mangy, mais appartient encore au Catay. Là le fleuve Bleu semble donc former la limite des deux régions, et comme Syndifu n'est qu'à cinq journées du Thibet, il s'ensuit que le Catay et le Mangy s'étendent l'un et l'autre, de l'ouest à l'est, dans toute la longueur de la Chine. Marco Polo fait d'ailleurs expressément le Mangy limitrophe du Thibet.

Ce qui frappe Marco Polo au Catay, ce sont les routes impériales, si belles et si commodes, dont nous avons eu

l'occasion de rapporter la description précédemment ; l'emploi de la houille comme combustible, et le vin de riz, qu'on y boit généralement mais pas exclusivement au lieu de vin de raisins.

« Par toute la province du Catay, il y a une manière de pierres noires qui se cavent des montagnes comme veine (minerai), qui ardent (brûlent) comme bûche, et maintiennent mieux feu que bûche ne fait. Car si vous les mettez au feu la nuit (le soir), vous trouverez au matin le feu. Elles sont si bonnes que, par toute la province, ils n'ardent (brûlent) autre chose. Bien est vrai qu'ils ont bûche assez ; mais ils ne l'ardent point, pour ce que les pierres valent mieux et coûtent moins que la bûche. »

Quand Marco Polo écrivait ces lignes, on brûlait pierre comme bûche au pays de Liége, déjà depuis plus de deux siècles. — On sait aujourd'hui que la houille ne manque pas au Mangy.

« Ils (les gens du Catay) font une boisson de riz avec beaucoup de bonnes épices en telle manière et si bien qu'elle vaut mieux à boire que nul autre vin ; car ce vin est très bon et clair et beau. Il fait devenir ivre plus tôt qu'autre vin. parce qu'il est très chaud. »

Cependant, en s'acheminant vers le Thibet, Marco Polo commence par traverser durant dix journées, au sortir de Cambaluc, une région parsemée de vignobles. Il arrive ainsi à Taïanfu, chef-lieu de la province du même nom. Ici encore « il y a beaucoup de vignes, très belles, de quoi ils ont vin en grande abondance. Car en toute la province du Catay, il ne naît vin qu'en celle-ci seulement. Et de cette cité, il en va par toute la province (du Catay) ». — Ibn Batoutah signale le raisin parmi les fruits de la Chine, sans distinction du Catay et du Mangy.

Bien qu'il traite avec complaisance le chapitre des boissons chinoises, Marco Polo ne dit rien du thé, qui faisait les délices des Chinois déjà depuis tant de siècles. Il n'en prononce le nom ni à propos du Catay, ni à propos

du Mangy. Pauthier s'étonne de l'omission ; Marco Polo nous en dira bientôt le motif. — Ibn Batoutah ne parle pas davantage d'un si intéressant produit. Mais c'est peut-être qu'il a passé trop rapidement par la Chine.

Le gingembre, sans manquer au Mangy, semble être une des grandes richesses du Catay.

Le Mangy est le premier pays du monde pour la canne à sucre; ses neufs provinces en produisent, à en croire notre auteur, autant que le reste de la terre, moins les parties inconnues, cela s'entend. Le Mangy rivalise avec le Catay pour la production de la soie. Il a sur le Catay, l'avantage de posséder les ports les plus rapprochés des îles du sud et de l'Inde, et l'incomparable fleuve Bleu, qui ne baigne le Catay qu'à l'ouest.

Les renseignements de Marco Polo révèlent une différence de caractère profonde, à la fin du XIIIe siècle, entre les Cataïens et les Mangiens. Pour lui, en réalité, ce sont des races absolument distinctes. Cela se comprend. Les races turques et tartares, en possession immémoriale du Catay primitif, ce que nous nommerions aujourd'hui Chine nord-occidentale, n'ont cessé de s'avancer vers l'est, depuis des siècles. Elles ont même donné plusieurs dynasties à la Chine septentrionale. La dynastie de Genghiskaan y a remplacé une autre dynastie tartare. Au XIIIe siècle, malgré la grande muraille l'élément tartare a inondé le nord de la Chine jusqu'à la mer Orientale, en submergeant l'élément indigène. Ces étrangers ont adopté la civilisation des vaincus et se la sont assimilée à des degrés divers, suivant la date de leur premier contact avec eux, en conservant tous beaucoup de leur caractère natif. Le Mangy au contraire est resté l'habitat des vrais Chinois, tout pénétrés des qualités et des vices de leur antique civilisation. Les nouveaux Tartares, qui ont récemment conquis le Mangy, s'y rencontrent nombreux, mais clairsemés dans l'immensité du pays.

Les gens du Catay sont bons soldats. Aussi le grand

Kaan les emploie-t-il en masse à la garde du Mangy. Il a mis dans chacune des douze cents principales villes de ce vaste territoire des garnisons de mille, dix mille, vingt mille, trente mille Cataïens, cavaliers et fantassins. Encore semble-t-il qu'on doive décupler le dernier nombre pour Quinsay, la capitale du Mangy, dont chacun des douze mille ponts est gardé, jour et nuit, par dix hommes !

Au contraire des Cataïens, les habitants du Mangy « n'étaient pas une gent d'armes, car tout leur plaisir n'était autre que chose de femmes, et proprement le roi sur tous, tellement qu'il n'avait d'autre chose cure que des femmes, et de faire bien aux pauvres gens. Et en toute sa province, sachez qu'il n'y avait nul cheval (de guerre), qu'ils n'étaient pas coutumiers de bataille, ni d'armes, ni d'aller en guerre ».

Grâce à tant de mollesse, les Tartares avaient conquis aisément le royaume le plus grand de la terre après le leur. Une seule ville avait offert une résistance sérieuse, celle qui, après un blocus de trois ans, se rendit, comme nous l'avons rapporté, à la vue des dégâts causés par les catapultes des Poli.

A lire les lignes suivantes de Marco Polo, le Mangy semble avoir été un paradis terrestre, du moins jusqu'à la conquête tartare :

Le souverain « maintenait son royaume en si grande justice que l'on ne trouvait nul qui fît mal. Et était la cité (de Quinsay, la capitale) si sûre que l'on laissait la nuit la porte ouverte, les maisons et les étalages pleins de toutes riches marchandises. Nul ne pourrait compter la grande richesse ni la grande bonté des gens de ce pays ».

Mais voici un trait qui gâte un peu ce riant tableau. Chez un peuple si bon et si riche, les petites gens, au rapport de Marco Polo, étaient misérables au point de « jeter » souvent les enfants à leur naissance, à cause de l'impossibilité de les nourrir. On peut même se demander si cette circonstance atténuante est réelle. En effet, le

bienheureux Oderic, qui visita le Mangy au commencement du XIVe siècle, par conséquent du vivant de Marco Polo, déclare qu'on n'y rencontrait ni pauvres ni mendiants. Toutefois le témoignage de Marco Polo, qui a fait plusieurs séjours, même un de trois ans, au Mangy, a plus de poids que celui d'Oderic, qui, semble-t-il, n'a fait que traverser ce pays en se rendant de Canton à Cambaluc. Oderic a cependant séjourné assez de temps à Quinsay. Mais on pourrait, par exemple, passer des mois à Londres, et s'y mouvoir beaucoup, sans soupçonner l'affreuse misère des quartiers pauvres dans cette somptueuse cité.

Quoi qu'il en soit, fidèle à son caractère, le roi du Mangy ordonnait de recueillir les enfants abandonnés, « et faisait écrire de chacun en quel signe (du zodiaque) ils étaient nés, et les faisait nourrir en divers lieux. Et quand un riche homme n'avait nul enfant, il allait au roi, et s'en faisait donner tant comme il voulait, et quand ils étaient grands, il mariait le garçon à la fille, et leur donnait du sien assez ».

Une autre ombre dans le tableau du paisible Mangy, c'est, dans la province de Chonca, où est situé le port de Çayton, une région dont les habitants, cruels et batailleurs, et toujours portés à la révolte, aiment à se repaître de la chair et du sang de leurs ennemis. Ces anthropophages étaient probablement une race à part.

Les astrologues pullulent au Mangy, et y ont grande autorité. Le Mangy est aussi par excellence le pays des médecins et des philosophes. L'agriculture n'y fleurit peut-être pas autant dans l'ensemble qu'au Catay, contrée mieux cultivée que nulle autre, au jugement d'Ibn Batoutah, mais pour le commerce, et la pratique des arts et métiers de toute sorte, le Mangy paraît être sans rival au monde.

Ce qu'était le commerce du Mangy, notre voyageur nous l'a déjà dit à propos du port de Çayton, de la navi-

gation du fleuve Bleu, des revenus que tirait le grand Kaan du marché de Quinsay, etc. A quel point les arts et métiers y étaient pratiqués, il nous le dira principalement dans sa description de Quinsay, une merveille plus grande encore que Cambaluc.

C'est au Mangy seulement, et dans un district unique de la province de Çayton, que Marco Polo trouve les fabriques de porcelaine, dont les produits sont déjà répandus dans tout le monde musulman et chrétien. Quoiqu'on n'en fabrique que de très belle, elle se vend à vil prix en Chine, à cause de l'abondance de l'article.

Marco Polo signale, comme propres au Mangy, certains usages, qui sont curieux à des points de vue différents.

Ainsi quand un enfant vient au monde, « ils écrivent le jour, l'heure, en quelle planète et sous quel signe il est né ; de sorte que chacun d'eux sait le jour de sa nativité ». On croirait que l'auteur n'a rien vu d'analogue ailleurs, ou du moins qu'en Europe, d'après lui, on connaît généralement son âge avec moins de précision qu'au Mangy.

Quand ils perdent soit un parent soit un ami, les Mangiens en font grand deuil. Ils se revêtent d'étoffe de chanvre, vêtement très austère, surtout dans un pays où les plus pauvres ne portent que de la soie ; ils suivent le corps avec des instruments de musique, et « chantent oraisons de leurs idoles ». Ils brûlent avec le corps, dans le même feu, des chevaux de parchemin, en grand nombre, sellés et enharnachés, couverts de drap d'or. Ils sont persuadés que le mort aura les chevaux à sa disposition dans l'autre monde, que la même musique, les mêmes chants, et les idoles, y viendront à sa rencontre.

Ceci rappelle les mariages après décès qui se célébraient chez les « droits Tartares », sinon chez les « Tartares abâtardis », et dont les chartes arrivaient aux conjoints par l'intermédiaire de la flamme ; il rappelle aussi les chevaux qu'on envoyait dans l'autre monde aux chefs des

Tartares, et plus anciennement aux chefs des Scythes de la mer Noire et de la mer Caspienne. D'un rapprochement si naturel, l'idée nous vient que les usages funéraires des Mangiens, peuple pourtant fort civilisé, procédaient des mêmes conceptions primitives que ceux des Tartares et des Scythes.

A propos du Mangy, notre voyageur fait connaître des pratiques de police en vigueur dans toute l'étendue de la Chine. Il les rattache à la description du Mangy sans doute parce qu'elles sont d'origine chinoise, et que les empereurs tartares n'ont fait que les adopter. Voici ces pratiques.

Premièrement sur la porte de chaque maison, se trouve écrit le nom du maître, avec ceux de sa femme, de ses enfants, de ses esclaves, et des autres habitants, ainsi que l'inventaire des animaux abrités sous le même toit. Deuxièmement, on tient « par nom et surnom », le registre des marchands établis temporairement dans les diverses localités. Le registre inscrit le mois et le jour de leur arrivée et de leur départ. Et « par ce, peut savoir le Sire, toutes les fois qu'il veut, qui va et qui vient par toute sa terre ».

Ceci donnait à nos pères une idée assez avantageuse de la police chinoise. Cinquante ans plus tard, Ibn Batoutah racontait, sur le même sujet, des choses encore plus curieuses à ses compatriotes du Maroc. D'après le voyageur arabe, les Chinois surpassaient en son temps toutes les nations, chrétiennes et autres, dans l'art de la peinture. Le jugement fait beaucoup d'honneur aux Chinois, car il émane d'un homme qui a visité Constantinople sous la protection de l'empereur grec, par conséquent dans les meilleures conditions, et a pu contempler à loisir les chefs-d'œuvre de la peinture byzantine. Mais Ibn Batoutah ajoute, et ceci déconcerte un peu, que la police chinoise emploie une multitude de peintres qui observent les étrangers sans en avoir l'air, et tracent de tous des

portraits, ressemblants jusque dans le costume. Lui-même et ses compagnons de voyage se reconnurent dans leurs images ainsi faites, au marché des peintres à Cambaluc. Quand un étranger coupable de quelque méfait s'enfuit du lieu où il l'a commis, son portrait, envoyé dans les différentes provinces, le désigne aux recherches de la justice.

Cela est-il croyable ? Ibn Batoutah passe généralement pour véridique, mais, d'autre part, on s'étonne que Marco Polo, beaucoup mieux au courant des choses chinoises, et principalement attentif aux « merveilles », ait omis de noter une particularité si surprenante pour le temps, et à laquelle il aurait dû penser à propos du registre des marchands étrangers. Ou bien l'usage était-il d'introduction toute récente lors du voyage d'Ibn Batoutah ?

Quand on parcourt avec Marco Polo, du nord au sud, les immenses villes qui se pressent dans la Chine orientale, et qu'on arrive, dans le Mangy, à Siguy, on croit voir la plus grande cité du monde. Siguy a un pourtour de soixante milles ; ses quartiers communiquent par six mille ponts, « sous chacun desquels passe bien une galère ou deux » ; elle a « si grande quantité de gens qu'on n'en peut savoir le nombre ». Cependant Marco Polo, qui ne veut pas faire un livre dont les dimensions effraieraient les barons d'Europe, pour l'amusement desquels il dicte son récit, ne s'arrête pas à décrire cette ville en détail ; il se réserve pour Quinsay, la cité géante de la Chine méridionale.

Quinsay est située au sud du fleuve Bleu, à 30° de latitude nord et à vingt-cinq milles de l'océan. Marco Polo lui donne un pourtour approximatif de cent milles, ou cent cinquante kilomètres. « La cité est toute en eau et environnée d'eau. » De là ses douze mille ponts. Ce sont des « ponts de pierre si hauts, que par-dessous passerait bien un grand navire ». Quinsay renferme un lac d'environ trente milles de circuit ; elle a cent soixante grandes

rues, chacune de dix mille maisons, parmi lesquelles « grande quantité de palais, beaux et grands ». Le lac est entouré d'une ceinture de palais, de somptueuses demeures, de couvents et temples bouddhiques. Du milieu de ses eaux, émergent deux îles, et sur chacune d'elles s'élève « un beau palais, très riche, très grand, qui semble être palais d'empereur ». Avant la conquête tartare, le roi du Mangy mettait ces palais à la disposition des habitants de sa capitale pour leurs banquets ; ils y trouvaient de la vaisselle d'argent et le mobilier nécessaire, et en usaient, comme des locaux, sans frais.

Le roi du Mangy voulait toutes belles maisons dans sa capitale. « Quand il chevauchait parmi la cité, et qu'il voyait une petite maison, il demandait pourquoi elle était si petite. Si on lui disait qu'elle était d'un pauvre homme qui n'avait pas de quoi l'exhausser, le roi lui donnait assez de quoi le faire. » Mais si la maison trop basse appartenait à un riche, le roi lui donnait l'ordre de l'exhausser à ses propres frais. Ainsi « il n'y avait en toute sa maître cité du royaume de Mangy, nulle maison qui ne fût belle ». Les maisons de Quinsay étaient munies de hautes tours en pierres où l'on déposait les objets de valeur, à l'abri du feu ; pour le reste, les habitations se construisaient en bois.

L'ancien palais des rois de Mangy à Quinsay dépasse en grandeur celui du grand Kaan à Cambaluc. Malheureusement Marco Polo le décrit d'une façon trop sommaire. Son enceinte de hauts murs crénelés a dix milles de tour. « Dedans les murs, il y a les plus beaux jardins du monde et les plus délectables qui soient au monde, et tout pleins des meilleurs fruits du monde. Et il y a maintes fontaines et maints lacs qui sont pleins de poissons. Au milieu est le palais, qui est très grand et très beau. Il y a vingt salles belles et grandes, et il y en a une plus grande que les autres où beaucoup de gens pourraient manger. Elle est toute peinte à or ; et la cou-

verture et les murs n'ont autre peinture que d'or, de sorte qu'elle est si belle à voir que c'est grande noblesse. Sachez encore qu'en ce palais il y a bien mille chambres très belles et très grandes, toutes peintes à or, et de diverses couleurs. »

Avant la conquête tartare, Quinsay comptait douze corps de métier, occupant chacun douze mille maisons, avec autant d'ateliers, où travaillaient, sous un maître, dix, vingt, trente, et même quarante ouvriers. « Car de cette cité se fournissaient maintes autres cités de la contrée. » Les chefs de maison étaient installés comme des rois. Ni eux ni leurs femmes ne touchaient à rien de leurs mains. Mais ils étaient rivés à leur profession. « Il était établi et ordonné de par le roi que nul ne fît autre métier que celui de son père, eût-il tout l'avoir du monde. »

Marco Polo néglige de dire ce qui survécut de cette organisation des métiers après l'invasion tartare. Si elle disparut, les artisans restèrent malgré cela fort nombreux dans le Mangy, car le bienheureux Oderic en trouve « tous les habitants » adonnés, avec grand profit, au commerce et à la pratique des métiers.

Le bienheureux Oderic confirme et complète la description de Quinsay par Marco Polo. Ce missionnaire, qui a pourtant demeuré trois ans à Cambaluc, n'a point vu de ville aussi grande que Quinsay, ou, comme il dit en latin, Chamsana. Sur le témoignage d'une foule d'idolâtres, musulmans et chrétiens, interrogés par lui, il donne à Quinsay plus de cent milles de tour ; le terrain de lagunes sur lequel elle s'élève, y a nécessité la construction de « plus de douze mille ponts ». Chacun de ces ponts est gardé par un poste de « vaillants soldats ». Suivant son rapport, le dénombrement officiel fait en vue de l'impôt, estime le nombre des feux de Quinsay à 890 000, sans les feux des chrétiens et des marchands étrangers, « dont il y a tant que c'est merveille ». Un feu comprend presque toujours dix, douze ménages. Quinsay a douze

portes principales, à chacune desquelles correspond, en dehors de l'enceinte de cent milles, et à douze milles de distance environ, un faubourg, « aussi grand que la cité de Venise ou de Padoue ».

Dix ou douze ménages formant un feu, paraît chose étonnante. Elle s'explique néanmoins d'une manière vraisemblable par le fait que les maisons de Quinsay étaient généralement construites en bois. Nous pensons qu'en conséquence, pour éviter les incendies, dont on se croyait toujours menacé, on ne faisait pas de feu dans les maisons, et qu'il y avait pour chaque groupe de dix ou douze habitations, une construction en pierres, où l'on cuisait et chauffait les choses nécessaires pour les ménages du petit clan. C'était le foyer banal.

D'après Ibn Batoutah, chacun, dans cette ville, était pourvu non seulement de sa maison mais aussi de son jardin. Le même voyageur affirme qu'à l'exception de Pékin, les villes de Chine ont leurs jardins à l'intérieur de leurs enceintes, contrairement à ce qui se voyait généralement dans les autres pays. De la sorte, on se rend plus facilement compte de l'immense étendue des cités chinoises. Mais une ville comme Quinsay n'en était pas moins faite pour confondre l'imagination de nos pères, lesquels, à ce que rapporte de Villehardouin, croyaient à peine ce que les témoins oculaires racontaient de la grandeur et de la magnificence de Constantinople. Sa seule description de Quinsay aurait pu inspirer à Oderic ces paroles : « Moi Oderic de Frioul, j'atteste devant Dieu et Jésus-Christ, que tout ce que j'ai écrit ici, je l'ai vu de mes propres yeux, ou entendu de la majorité des hommes dignes de foi. J'ai vu beaucoup d'autres choses que je n'ai pas écrites, parce qu'elles semblent impossibles aux hommes de nos contrées, à part ceux qui les ont vues, comme moi pécheur, dans les pays des infidèles. »

On a vu Marco Polo se rendre de Cambaluc aux frontières du Thibet par quatre-vingt-trois journées, en cheminant toujours par le Catay, dans la direction générale de l'ouest, ou plutôt sud-ouest, et lorsqu'il n'est plus qu'à cinq journées du Thibet, toucher le Mangy, qu'il a nettement situé au sud du Catay. Même à supposer beaucoup de détours et des étapes très courtes en moyenne, ces quatre-vingt-deux journées révélaient aux contemporains du voyageur l'immense étendue de la Chine de l'ouest à l'est. A la lecture de son livre, les Européens pouvaient prendre aussi une certaine idée de la population de la Chine. Marco Polo compte en effet pour le Mangy seulement, douze cents grandes villes. A la vérité, le bienheureux Oderic dit deux mille, et cela semble plutôt diminuer la valeur de ces estimations, mais la différence s'explique par l'élasticité de l'expression : grande ville.

Passons au Thibet.

Ce pays étant donné comme limitrophe du Mangy à l'ouest, les lecteurs de Marco Polo le plaçaient naturellement à droite de la zone que nous avons parcourue en allant avec lui de la Méditerranée au Catay ; ils pouvaient le situer vaguement au nord de l'Inde, et à l'est de la région du Balacian et du Cachemire, laquelle, d'après la relation, confinait à l'Inde par le sud. Marco Polo fait du Thibet une immense province, limitrophe du Mangy et de maintes autres contrées. Il est regrettable au point de vue du progrès géographique qu'il n'ait pas énuméré ces dernières.

Arrivé au Thibet, il commence par traverser une forêt déserte, en vingt journées. Il y foule les ruines d'une multitude de villes et de localités détruites par le grand Ḳaan Mangu, prédécesseur de Cublay. Au delà de cette solitude, il trouve un vaste territoire où les villes et les bourgades sont très nombreuses. Il ne précise pas autrement l'étendue du Thibet.

Le lion, l'ours et d'autres animaux sauvages pullulent dans la grande forêt, et la rendent redoutable aux voyageurs. On les écarte des campements par des feux de bambou vert, dont les cannes éclatent avec un fracas épouvantable. Mais le moyen ne réussit pas toujours. De plus, le bruit étourdit les hommes et les chevaux, jusqu'à les rendre fous. Les premières fois, il faut se bander les oreilles, à soi et à ses montures ; bientôt on est habitué à ce bruit. — Les cannes de bambou atteignent au Thibet quatre paumes d'épaisseur et quinze pas de longueur, et le pas de Marco Polo est une grande mesure. Il parle en effet d'un pont chinois qui a huit pas de largeur, et donne ainsi passage à dix cavaliers de front. Nous soupçonnons une erreur dans le texte, en ce qui concerne les cannes du Thibet.

Les habitants du Thibet sont idolâtres (bouddhistes), méchants, voleurs, moqueurs et de mœurs dépravées ; les plus grands sorciers du monde sont chez eux. Ils vivent de leurs troupeaux, du fruit de leurs champs, et de venaison. Bien que leur pays produise de la soie, la plupart d'entre eux sont pauvrement vêtus ; il portent des peaux de bêtes, de la toile de chanvre, et une grossière étoffe de laine. Quelques femmes s'ornent de colliers de corail ; on en met aussi aux idoles. Le Thibet est riche de cette matière ; on l'y vend néanmoins cher. Il produit également beaucoup d'or.

« Il y croît canelle en abondance. Et y croît maintes épices qui jamais ne furent vues en notre pays. »

« Ils ont chiens mâtins, grands comme ânes, qui sont très bons à prendre bêtes sauvages. » Les chevrotains porte-musc sont fort nombreux au Thibet. « Ils ont encore plusieurs autres espèces de chiens de chasse. Ils ont beaucoup de bons faucons laniers, qui sont très volants et savent bien oiseler, lesquels naissent en leurs montagnes. »

Voilà, en résumé, les renseignements de Marco Polo sur le Thibet. La relation du bienheureux Oderic n'y

ajoute guère, et il ne semble pas qu'on ait pu les compléter par d'autres relations européennes avant le milieu du XIXe siècle.

Au sortir du Thibet, Marco Polo chemine par le Gaindu (10 journées) et le Caraïan (15 journées), jusqu'au Zardandan (en quatre journées), toujours, à ce qu'il dit, vers l'ouest. On ne se rend pas bien compte de sa direction. Du Zardandan, dix-sept journées de cheval à travers le pays de Mien, « assez proche de l'Inde », le mènent au territoire ou dans le voisinage du Bengala (Bengale oriental), également « assez proche de l'Inde ». Du Bengala, vers le levant, il atteint d'abord le Cancigu (30 journées), puis l'Aniu (15 journées), enfin le Tholoman (8 journées). Il chevauche ensuite, sans dire dans quelle direction, 24 journées le long d'un fleuve, ce qui doit bien faire 800 kilomètres. Au bout des vingt-quatre journées, il se retrouve en Chine, à Syndifu, d'où il avait précédemment gagné le Thibet en cinq journées.

Les commentateurs modernes de Marco Polo se perdent dans ces marches ; ses contemporains s'y seront encore moins retrouvés.

Nous pensons que le fleuve suivant lequel on va du Tholoman vers le nord jusqu'à Syndifu, est le Mékhong, le grand fleuve de l'Indo-Chine. En effet, aucun des affluents méridionaux du fleuve Bleu dans le voisinage du Thibet, n'a un cours de huit cents kilomètres. Mais sur les meilleures cartes, précisément aux confins de la Chine et du Thibet, par conséquent dans le région de Syndifu, le Mékhong semble se rapprocher du fleuve Bleu, qui là coule du nord au sud, au point de n'en être distant que d'une cinquantaine de kilomètres ou moins. On arrivait donc d'une certaine manière à Syndifu par le Mékhong.

Ces vastes provinces de l'Indo-Chine sont gouvernées par des fils de Cublay-kaan, ou par des princes indigènes ses tributaires. Le Bengala a maintenu son indépendance.

Nous savons déjà que le grand Kaan s'était attribué le monopole des perles et des turquoises du Gaindu. Le même Gaindu produit beaucoup d'or et en fournit sans doute en proportion au trésor impérial. Il possède en grande abondance chevrotains porte-musc, daims, chameaux, gibier emplumé, poissons (dans le lac aux perles), excellents vins de froment, de riz et d'épices, ainsi que girofle, canelle, gingembre. Il a des vignes, mais ne fabrique pas de vin de raisin. Il est également fertile en « d'autres épices qui ne viennent jamais en notre pays, et pour ce pas n'est besoin d'en parler ».

Ainsi le motif de l'omission, c'est que les noms des épices en question n'auraient rien dit aux Européens. Ajoutons qu'il eût été trop long et trop difficile de les décrire. N'est-ce pas pour cette raison que Marco Polo a négligé de parler du thé, dont l'usage en Europe ne semble pas remonter au delà du XVIIe siècle.

Outre le Gaindu, sept autres des contrées énumérées sont très riches en or. Au Zardandan et au Caraïan, c'est au point que l'or ne vaut respectivement que cinq et six d'argent. A Mien ou Amien, capitale du Mien, la conquête tartare, à en croire Marco Polo, a respecté, sur la tombe d'un roi, deux tours entièrement recouvertes, l'une d'or, l'autre d'argent. « Chaque tour est bien grosse (*lisez* haute) dix pas, et grosse tant qu'il convient à la hautesse. » Les revêtements d'or et d'argent sont « bien épais d'un doigt ».

Le Caraïan et l'Aniu fournissent beaucoup de chevaux à l'Indostan. Le Bengala produit des bœufs grands comme des éléphants, mais pas aussi gros ; du coton, dont grand commerce, du gingembre, du sucre, et beaucoup d'autres épices. Il exporte une multitude d'esclaves. Il a beaucoup d'écoliers, c'est-à-dire d'hommes de lettres, que s'attachent les « barons » de diverses provinces. Au contraire, les gens du Zardandan, pays hors commerce, « n'ont nulle écriture ». Marco Polo, qui juge ce détail assez curieux

pour le noter, doit n'avoir guère rencontré de nations absolument sans lettres.

Les provinces du nord de l'Indo-Chine paraissent florissantes. Néanmoins on y rencontre d'immenses solitudes, où les animaux sauvages (lions, ours, loups, loups-cerviers, éléphants, bœufs sauvages, serpents et autres) incommodent les caravanes. C'est probablement comme au Thibet, une suite de la conquête tartare, qui fut ici le prix de rudes batailles, sur lesquelles Marco Polo s'étend avec complaisance.

On lui a parlé au Caraïan d'un serpent d'espèce gigantesque : dix pas ou cinquante pieds de long en moyenne, la gueule assez grande pour engloutir un homme, les yeux comme de grands pains. Il est muni par devant, près de la tête, de deux jambes, « qui n'ont nul pied qu'un ongle fait comme ongle de lion ou de faucon ». Il dévore les ours, les lions, et autres grandes bêtes. Son fiel est d'usage en médecine et guérit nombre de maladies et d'incommodités.

Marco Polo croit à l'existence de ce reptile, comme à celle du rokh, l'oiseau fabuleux d'îles voisines de Madagascar (et de bien d'autres pays, d'après la légende arabe), « qui prend un éléphant avec ses pieds et le porte très haut, et puis le laisse choir, et ainsi le tue, et en mange à sa volonté ». Ibn Batoutah ne doute pas non plus de l'existence du rokh, car il l'a vu, lui et ses compagnons, dans la mer de Chine, à vingt milles de distance, grand comme une montagne.

Marco Polo trace vaguement, et avec peu d'exactitude, les contours de l'Indo-Chine. Il en rattache le littoral à ce qu'il appelle l'Inde Mineure. Cette Inde Mineure comprend huit royaumes échelonnés le long de la mer depuis le Cyamba jusqu'au Muftili. Il ne nomme pas les six autres royaumes. Or le Cyamba est la Cochinchine, et le Muftili, d'après sa relation, se trouve à mille milles au nord du Maabar ou Coromandel, royaume de la côte sud-orientale

de l'Indostan. Comme la relation fait du Muftili le pays du diamant par excellence, il doit comprendre la région de Golconde. Il fait donc partie de la côte orientale de l'Indostan, et, vu la situation de Golconde, les mille milles qui séparent le Muftili du Maabar doivent singulièrement se réduire. Si Marco Polo s'abstient d'énumérer les six royaumes du littoral, c'est, pensons-nous, qu'il est incapable de le faire. S'il connaissait bien cette côte, il y mettrait certainement le Bengale, et le rattacherait à l'Inde, au lieu de dire qu'il est « assez proche de l'Inde ».

VII

LES ÎLES DU PACIFIQUE ET DE LA MER DES INDES UN NOUVEAU MONDE

Les plus instruits parmi les contemporains européens de Marco Polo pouvaient connaître vaguement l'Asie orientale. Il leur en offrit une idée infiniment plus précise, et outre cela, des vues sur un monde d'îles dont ils ne soupçonnaient pas l'existence.

Il fait connaître d'abord le royaume insulaire du Japon, contre lequel avait récemment échoué une puissante flotte de Cublay-kaan. Le Sypangu, c'est ainsi qu'il nomme le Japon, est « une île » située « en levant », dans la haute mer, à 1500 milles de la terre ferme, ce qui veut dire à 1500 milles des ports de Quinsay et de Çayton, d'où partit la flotte de Cublay, et d'où cinglaient aussi de rares navires marchands, pour le Japon. Il dit ici « une île », en songeant peut-être à la grande île, celle de Niphon, mais ailleurs il parle de plusieurs îles du Sypangu.

« L'or abonde outre mesure » dans ce pays. A preuve un grand palais du roi tout couvert d'or fin, comme des églises d'Europe le sont de plomb, et dont toutes les

salles sont dallées de plaques d'or d'environ deux doigts d'épaisseur. Marco Polo n'a pas été au Japon ; il tient, dit-il, ses renseignements de bonne source, et il y croit. — Le Japon regorge d'or, parce qu'il en produit beaucoup, et qu'il ne l'écoule point au dehors par son commerce avec les autres nations, qui est presque nul.

Pauthier dit à ce propos (en 1865) :

« Le Japon est très riche en mines d'or ; ce métal y était encore si abondant il y a quelques années, que sa valeur, par rapport à l'argent, était de 8 à 1. Aussi lorsque, par suite des derniers traités, le commerce du Japon fut ouvert aux nations étrangères, la demande de l'or, de la part des négociants anglais et américains, fut telle, à cause de son bas prix, que, selon le ministre anglais sir Rutherford Alcock, à peine si une année entière eût suffi à un bon mathématicien pour calculer toutes les demandes ! »

Marco Polo parle ensuite des îles de la mer de *Cim* ou de Chine. D'après lui, *Cim* est le nom que les habitants de ces îles donnent au Mangy. Il affirme aussi que les gens du Mangy même ne l'emploient pas. Il pouvait ajouter que les noms de Tsin et de Sin que les Indiens et les Arabes donnaient déjà au Mangy, sinon à l'ensemble de la Chine, ne sont probablement que des variantes de celui de Cim. « Les pêcheurs et les sages mariniers de cette contrée (Mangy) », ajoute-t-il, portent le nombre des îles de la mer de Cim à 7459. Et ces mariniers « le savent bien, car ils ne font autre chose que naviguer par la mer ». Il n'y a aucune île de la mer de Cim qui ne possède des arbres à bois « très bon et de grande odeur », comme l'aloès et d'autres plus précieux. « En ces îles naît le poivre, blanc comme neige, à grande profusion. C'est merveille des richesses qui y sont : d'or, de pierres (de prix) et de toutes épiceries. Mais elles sont si loin de terre ferme qu'à grand peine peut-on y aller. Et quand les nefs de

Çaiton et de Quinsay y vont, elles en rapportent très grand gain et très grand profit ». Les bateaux du Mangy mettent un an au voyage des îles de la mer de Cim ; un vent qui souffle régulièrement six mois les y pousse, un vent qui règne durant les autres six mois de l'année les ramène. Marco Polo distingue nettement les îles de la mer de Cim des îles de la mer des Indes. Suivant « les bons mariniers », celles-ci, à compter de la côte orientale d'Afrique, sont au nombre de 12 700, « toutes habitées, sans celles qu'on ne connaît pas et où on ne peut aller ». Il ajoute que les îles dont il a traité spécialement, Ceylan, Sumatra, Java, et d'autres de la même région, sont la « fleur » des ces îles indiennes. Ceci prouve péremptoirement qu'il place les îles de la mer de Cim plus à l'orient. Mais ceux qui lui ont parlé des 12 700 îles, y comprenaient probablement celles de la mer des Indes et celles de la mer de Cim.

Des données de Marco Polo, Pauthier rapproche celles de l'Édrisi, géographe arabe du XIIe siècle, qui met dans les mers de l'Inde et de la Chine 1700 îles habitées et une infinité de désertes. Le chiffre de l'Édrisi ne semble pas exagéré, si l'on range sous la dénomination d'îles habitées, jusqu'à celles qui ne nourrissent que quelques familles. Il paraît modéré, même dans l'état actuel de l'Océanie, dont la population indigène a beaucoup diminué par le contact des Européens, qui lui ont communiqué leurs maladies. La mer des Indes fournit son bon contingent aux dix-sept cents îles de l'Édrisi, car parmi les seules Maldives, on en compte aujourd'hui cent soixante-quinze habitées.

Pour Marco Polo, qui avait vu une foule de réalités invraisemblables, et à cause de cela ne savait peut-être plus assez douter, il s'en est laissé imposer au moins quant au nombre des îles indiennes. Jamais nous ne le suspecterons d'avoir ajouté aux rapports qu'il recueillit. Et de fait, on entendait des exagérations pareilles sur les lieux

mêmes. Ainsi, d'après François Pyrard de Laval, qui fut cinq ans (1602-1607) esclave du roi des Maldives, à la suite d'un naufrage, ce prince s'intitulait : « Ibrahim, sultan de treize provinces et de douze mille îles ». Pour cela, il fallait, dit Pyrard, que ce monarque comptât « une infinité de petites îles qui ne sont quasi que des mottes de sable, toutes inhabitées ». Les sujets d'Ibrahim étaient également fiers de leurs douze mille îles. — Le nom même des Laquedives, qui signifie les *cent mille îles* (1), est une plaisanterie encore plus forte. A marée haute, on en voit en tout douze, dont huit sont habitées ; les autres, infiniment petites, sont perceptibles à marée basse.

Sept mille quatre cent cinquante-neuf îles dans la mer de Chine ! Ce chiffre, encore plus précis que celui des 12 700 îles indiennes, l'est beaucoup trop. Mais il n'est pas d'une exagération choquante pour qui en considère attentivement le contexte. Il s'agit en effet d'îles, grandes ou petites, dont nulle ne manque d'arbres au bois très odorant et très bon ; d'îles qui produisent en général une grande variété d'épices, et donnent de l'or et des pierres précieuses. Les Philippines, les îles Salomon, les Célèbes, les Moluques, répondent assez bien au signalement. Or, la géographie actuelle estime à plus de mille le nombre des Philippines, grandes et petites, abstraction faite d'innombrables îlots ; les îles Salomon s'éparpillent sur six degrés de latitude ; Célèbes émerge au milieu d'un vaste fouillis de petites îles ; les grandes Moluques ont aussi leurs nombreux satellites.

Peut-on croire que les vaisseaux chinois visitassent alors ces îles ? Le contraire serait surprenant. Comme Marco Polo, Ibn Batoutah nous montre les vaisseaux du Mangy apportant constamment au Malabar les produits de l'agriculture et de l'industrie chinoises, et y prenant

(1) Maldives signifie les îles de Mal. Mal est l'île principale du groupe.

ceux de l'Inde. Nous savons de plus qu'à leur retour de Chine, les Poli vinrent jusqu'au golfe Persique, peut-être jusqu'aux bouches de Schat-el-Arab, avec une flottille du Mangy. Ces vaisseaux n'avaient pas toujours longé les côtes ; ils avaient coupé le large depuis les îles à l'ouest de l'Indo-Chine jusqu'à Ceylan. Fallait-il naviguer davantage en pleine mer pour aller de Çayton aux plus rapprochées des Philippines et des Moluques ? A partir de celles-ci, on découvrait des milliers d'îles sans s'écarter autant de la Chine que pour le voyage si fréquent de la côte de Malabar. Les Chinois ne craignaient pas d'aborder chez les peuples sauvages ; notre voyageur le fit avec eux à l'île de Sumatra. Ainsi rien n'autorise à croire qu'en parlant de la multitude des îles du Pacifique, il ait rapporté une pure imagination, à laquelle répondait par hasard une si étonnante réalité.

Il ne parle qu'en termes généraux des îles du Pacifique, mais il consacre des notices spéciales à Java la Majeure, à Java la Mineure, à Ceylan, et à plusieurs autres îles de la même région.

Java la Mineure est Sumatra, nous le montrerons plus loin. On identifie généralement avec la Java hollandaise, l'île que Marco Polo appelle Java la Majeure. Mais cela ne va pas sans quelque difficulté. D'abord Java la Majeure serait plus petite que Java la Mineure, ce qui jure avec les noms et contredit les données de Marco Polo. Il donne en effet cinq mille milles de tour à Java la Majeure, et deux mille milles à Sumatra. Mais en ce genre, et personne ne s'en étonnera, il est parfois très mal informé ; il donne, par exemple, sur le dire des mariniers, deux mille quatre cents milles de pourtour à Ceylan, ou à peu près le triple de la circonférence réelle. Bornéo, qui répondrait mieux aux cinq mille milles de côtes, n'est pas assez éloigné de la Chine pour s'identifier avec Java la Majeure. En effet, tandis que Cublay-kaan a su imposer sa suzeraineté, au moins nominale, à des parties de

Sumatra, qui est plus loin de Chine que Bornéo, Java la Majeure se maintient absolument indépendante grâce à la distance.

Les marchands chinois fréquentaient cette île; Marco Polo ne l'a pas vue. « Cette île est très riche », dit-il, sur le témoignage de ceux-là. « Ils ont poivre noir, noix muguettes (muscades), garingal, cubèbes, girofle et toutes autres épices. » Ceci achève de nous décider pour la Java actuelle.

La Java la Mineure de Marco Polo a été justement identifiée avec l'île de Sumatra. Il la place en effet à 150 milles au sud d'un archipel situé lui-même à 1000 milles à l'est de Ceylan. On en déduit la distance assez exacte d'un peu moins de 1150 milles de Java la Mineure à Ceylan, ou la moitié à peu près de la distance de cette dernière île à la Java hollandaise. Celle-ci ne répond donc pas aux données de Marco Polo. L'archipel qui commence à 150 milles au nord de Java la Mineure ou Sumatra, est celui de Nicobar et d'Andaman, en face de la presqu'île occidentale de l'Indo-Chine. La Java d'Ibn Batoutah s'identifie de même avec Sumatra, en autres raisons parce qu'une de ses villes principales s'appelle présisément Sumatra; la Java hollandaise se nomme dans sa relation Moul Java (1). Du temps d'Ibn Batoutah, Sumatra était la capitale d'un royaume musulman qui comprenait une grande étendue de côtes. C'est probablement ce qui fit donner dans la suite le nom de Sumatra à l'île entière par les voyageurs et géographes arabes.

Marco Polo observe que « cette île est si vers midi que l'étoile tramontane n'y apparaît point ». Inutile d'ajouter que ceci est vrai, que l'île de Sumatra est coupée en deux parties presque égales par l'équateur, et que l'étoile polaire rase à peine l'horizon du nord de l'île. Bien que

(1) J'ai dit par erreur, dans le précédent article, que les Arabes du moyen âge, employaient comme Marco Polo, les expressions de Java la Majeure et Java la Mineure.

des huit royaumes de Sumatra, notre voyageur n'ait pas visité les deux plus méridionaux, on peut croire qu'il a foulé l'hémisphère austral, peut-être avant tout autre Européen.

La région de Caracoroum, au nord, la zone équatoriale de Sumatra, au sud, les rivages les plus reculés de la Chine, à l'est, Gênes à l'ouest, voilà, pour le moins, jusqu'où atteignit le grand voyageur vénitien du XIIIe siècle. Ibn Batoutah, partant une première fois de Tanger, sa ville natale, voit au cours de ses pérégrinations : Bolghara, sur le haut Volga, au cinquante-cinquième degré de latitude nord ; Moul Java, qui est maintenant la Java hollandaise, dans l'hémisphère austral ; les rivages orientaux de la Chine. De retour à Tanger, il en repart bientôt pour visiter l'Espagne musulmane ; il revient à Tanger, et la quitte une troisième fois pour une course qui le mène sur le haut Niger au sud de Timbouctou. Ibn Batoutah semble donc l'emporter par la longueur des itinéraires. Mais quand on considère les courses fournies par les deux voyageurs entre les jalons marqués, on décerne sans hésiter la palme à Marco Polo.

Le chapitre de Marco Polo sur Java la Mineure est un des plus soignés de sa relation. Il s'étend avec complaisance sur les produits si riches et si variés de l'île, et ses renseignements ont subi avec succès le contrôle des explorations modernes. En un point qu'il n'a pu vérifier lui-même, il s'est montré crédule. On lui a parlé d'une race d'hommes vivant dans les montagnes, ayant queue longue à peu près d'une palme, non pelue, et grosse comme celle d'un chien, et il a eu foi en cette fable.

VIII

CEYLAN ET L'INDOSTAN — L'ARABIE MÉRIDIONALE LA CÔTE ORIENTALE D'AFRIQUE

« La fleur des diamants et des grosses pierres, et des grosses perles, sont toutes portées au grand Kaan, et autres rois et princes de ces diverses parties du siècle (terre), lesquels ont tout le grand trésor du monde. »

Ces riches produits caractérisent spécialement Ceylan, le Maabar, ou côte de Coromandel et de la Pêcherie, le Muftili ou pays de Golconde.

L'île de Ceylan produit à foison rubis, saphirs, topazes, améthystes, et autres pierres précieuses. « Le roi a un rubis, le plus beau et le plus gros qui soit au monde, et vous dirai comment il est fait. Il est long bien une grande paume, et bien gros comme est gros le bras d'un homme. Il est la plus resplendissante chose du monde à voir, et n'a nulle tache. Il est vermeil comme feu. Il est de si grande value qu'à peine le pourrait-on payer de monnaie. Et sachez que le grand Kaan lui envoya ses messagers, et lui manda que, par courtoisie, il lui vendît ce rubis, et qu'il l'en priait beaucoup, au point qu'il lui ferait donner pour ce rubis la valeur d'une cité ou tant qu'il voudrait. Le roi lui répondit que pour nulle chose du monde il ne le voudrait, parce que le rubis avait été à ses ancêtres. »

Ibn Batoutah fait encore une fois écho au voyageur vénitien. Chez le roi de Conacar, dans l'île de Ceylan, il vit des perles et des rubis merveilleux ; entre autres, sept perles grosses comme des œufs de poule, attachées au front d'un éléphant blanc, le seul de cette couleur qu'il eût rencontré dans l'univers ; une écuelle de rubis, grande comme la paume de la main, qui contenait de l'huile d'aloès. Comme il témoignait son étonnement au sujet de

ce vase, le roi lui dit : « Nous possédons des objets de la même matière plus grands que celui-là. » Le rubis convoité par Cublay-kaan en était probablement.

Au Maabar, dans l'Indostan sud-oriental, il n'y a ni « maître tailleur, ni couturier ». Un petit pagne forme le costume, comme aussi à Ceylan ; le roi lui-même, en fait d'étoffe, se contente de cette pièce essentielle. Mais il est d'ailleurs richement paré. Il porte un collier de rubis, saphirs, émeraudes et autres pierres précieuses, qui « vaut un grand trésor » ; il orne sa poitrine d'un fil de soie garni de cent quatre grosses perles et rubis, qui se rattache au collier. « Et encore porte le dit roi trois bracelets aux bras, tous pleins de perles de grande value, et aussi en porte aux jambes, et encore aux doigts des pieds. » Tout cela réuni « vaut plus d'une cité ».

Le roi de Maabar s'assure par des moyens fort simples la grosse part du bénéfice des perles. Il se réserve le dixième de la pêche, permet de vendre aux étrangers les petites perles seulement, paie les belles au double de la valeur locale. Comme il est le seul à pouvoir trafiquer de celles-ci au dehors, elles tombent naturellement presque toutes dans ses mains. — Au rapport d'Ibn Batoutah, le roi de Conacar, à Ceylan, se réserve aussi la fleur des perles et des gemmes et en donne le prix qui lui convient. Nous voyons dans toute l'Asie ces odieux monopoles.

Marco Polo parle d'une manière plus amusante qu'instructive des diamants du Muftili, dans la partie orientale de l'Indostan, au nord du Maabar. Il a pris au sérieux, en ce sujet, une légende qu'on retrouve chez les Arabes, et qui est probablement d'origine indienne.

D'après lui, et peut-être dit-il vrai, on recueille quantité de diamants dans le lit desséché de torrents qui labourent le flanc des montagnes à la saison des pluies. Voici maintenant la fable. Des diamants jonchent le sol de profondes vallées où nul homme ne descend, parce que, ajoute la légende arabe, elles sont encaissées entre

des versants à pic et que des animaux monstrueux y ont établi leurs demeures. Par bonheur, au-dessus de ces abîmes, volent, à la recherche des serpents, de grands aigles, dont on sait se faire des auxiliaires. On jette dans le bas des vallées des morceaux de chair qui roulent en ramassant les diamants. Les aigles oublient les serpents, se précipitent sur cette viande, et l'emportent, pour s'en repaître à l'aise, sur des rochers plus accessibles, que l'on connaît. Ici, des hommes apostés chassent les aigles, qui s'envolent en lâchant leur proie avec les diamants dont elle est chargée. Si les aigles réussissent à manger la viande, on retrouvera souvent dans leurs nids les diamants qu'ils auront avalés du même coup. On a aussi chance de pouvoir les retirer du ventre des aigles, après les avoir tués.

A Ceylan, Marco Polo apprit à connaître la légende du Bouddha. Ce qu'il en donne s'est trouvé admirablement conforme aux ouvrages bouddhiques étudiés par les savants européens au XIXe siècle. A l'exemple de beaucoup de voyageurs qui ont visité l'île avant ou après lui, il s'est intéressé à la montagne escarpée sur laquelle on vénérait un tombeau célèbre, le tombeau du Bouddha, suivant ses sectateurs, celui d'Adam, suivant les musulmans. C'était un lieu de pèlerinage où les uns et les autres venaient de fort loin, « comme les chrétiens à Saint-Jacques en Galice ». Ils se hissaient au haut de la montagne (nommée depuis le Pic d'Adam), au moyen de chaînes tendues, comme on le fait encore aujourd'hui. Marco Polo oublie de dire que c'était surtout pour y voir l'empreinte d'un pied gigantesque, celui du saint qu'on y honorait. Marco Polo ignore quel est le personnage du monument ; il se tient seulement pour assuré que ce n'est pas notre premier père. Cublay-kaan opinait pour Adam. Il avait obtenu de ses reliques en 1284, moyennant une forte somme et une ambassade solennelle dépu-

tée à cet effet vers le roi cinghalais maître du lieu. On lui avait cédé deux dents mâchelières, grandes et grosses, des cheveux, et l'écuelle dans laquelle Adam avait mangé. L'écuelle « d'un porphyre vert très beau », avait la vertu de rendre au quintuple les aliments qu'on y mettait. Cublay-kaan, au dire de Marco Polo, en fit l'épreuve avec succès.

Marco Polo connaissait parfaitement le Maabar. Il parle avec exactitude des coutumes, des religions, et des superstitions de ce pays. Il signale certaines pratiques barbares, constatées encore au XIXe siècle, et très récemment interdites par le gouvernement anglais. Il s'occupe dans un chapitre spécial de la légende de saint Thomas l'apôtre, qui mourut au Maabar, et dont les chrétiens et les musulmans allaient visiter en foule le tombeau, en une petite ville de très difficile accès.

Le Lar, à l'intérieur des terres, en Maabar, est par excellence le pays des « Abramains », c'est-à-dire, des Brahmanes. D'après Marco Polo, ceux-ci, superstitieux à l'excès, pratiquent une loi sévère, et toutefois ne dédaignent point le commerce, où ils excellent sans se départir d'une rigide probité. Parmi eux, une classe d'hommes vouée au célibat et à l'ascétisme, pousse à un point effrayant le retranchement de tout plaisir et satisfaction sensible. Marco Polo nomme ces ascètes Çaiguy (Ibn Batoutah, Djôkî); ce sont les gymnosophistes des auteurs grecs. Le chapitre où il traite des Brahmanes et des Çaiguy, est exact, rempli de choses absolument neuves pour les Européens contemporains de l'auteur, et encore instructif aujourd'hui, malgré les relations récentes et tous les travaux de nos indianistes.

Le royaume de Cail, au tournant sud-oriental de l'Indostan, fait aussi partie du Maabar. Le port de Cail abrite des vaisseaux « d'Hormouz, de Quis (dans le golfe Persique, au nord), d'Aden, et de toute l'Arabie », très commerçante alors. — Les vaisseaux Maabariens vont au

Zanguebar et à Madagascar, et aussi loin apparemment dans d'autres directions.

A partir du Maabar, nous parcourons les royaumes de la côte occidentale de l'Indostan, suivant une direction que notre guide définit peu exactement ponent-maistre, c'est-à-dire, ouest-nord-est. Nous voyons, se faisant suite dans la direction indiquée, les royaumes de Comary (Comorin), Coilum (Caoulem des Arabes), Ely, Mélibar (Malabar), Gazurat, Tanaim, Cambaet (Cambaie), Semenat, Quesivacuran.

A la latitude du Comary, notre guide signale la Tramontane, ou l'étoile du Nord, perdue de vue depuis Sumatra ; il la voit là à une coudée au-dessus de l'horizon ; au Malabar, à deux coudées ; au Gazurat, à six coudées. C'était des indications précieuses pour les géographes. Il étale de sa façon habituelle les richesses de cette côte. Il note en passant que les vaisseaux chinois apportent à Caoulem et au Malabar des draps d'or, des cendaux ou étoffes soie-coton, de la soie, matière première et tissus, de l'or et de l'argent, des clous de girofle et autres fines épices, et qu'ils en emportent des quantités énormes de « grosse épicerie ».

Malheureusement plusieurs peuples de l'Inde font la course en grand ; ils pillent les vaisseaux qui cherchent un abri dans leurs ports, si les réfugiés veulent porter leurs marchandises ailleurs. Les pirates du Malabar épargnent la vie de leurs prisonniers ; ils disent à ceux qu'ils ont spoliés : « Allez faire du gain, car par aventure il sera encore nôtre. » Ceux du Gazurat administrent un puissant purgatif aux marchands capturés, quand ils les soupçonnent d'avoir soustrait en les avalant, des perles ou des pierres de prix.

Non moins instructifs sont en général les renseignements de Marco Polo sur l'Afrique orientale et l'Arabie méridionale. Mais il en oriente très mal plusieurs parties.

Ainsi on ne parvient pas à trouver dans la mer des Indes le couple d'îles qu'il place à la distance de cinq cents milles au sud du Quesivacuran, qui est vers les bouches de l'Indus, et de cinq cents milles au nord de Socotora, situation nécessairement fausse. Le peuple de ces îles semble même quelque peu fabuleux. Les hommes habitent dans l'une, les femmes, avec les garçons au-dessous de quatorze ans, dans l'autre ; les hommes passent chaque année trois mois dans l'île des femmes. Par une erreur plus grave, Marco Polo dispose suivant une direction nord-ouest la série des ports arabes de la mer des Indes, depuis Aden jusqu'au golfe Persique. Enfin, il fait du Zanzibar une île qui « dure bien deux mille milles », en confondant probablement l'île de Zanzibar avec la portion du littoral qui porte le même nom. En revanche, il marque exactement la situation relative du royaume d'Aden et de l'Abyssinie ; il donne la même idée qu'Ibn Batoutah du grand commerce de l'Arabie méridionale avec l'Inde, et cet accord prouve en faveur de l'un et de l'autre.

Sa notice sur l'Abyssinie est une des plus remarquables qu'il ait tracée, tant par l'exactitude que par l'abondance des détails. S'il n'a pas vu l'Abyssinie, il a été à même de bien la connaître. Il doit avoir rencontré beaucoup d'Abyssins dans les ports de l'Inde ; car, selon Ibn Batoutah, les vaisseaux de la mer des Indes avaient souvent une garde de soldats abyssins. « Ceux-ci, dit-il, sont les maîtres de cette mer, et lorsqu'il s'en trouve un seul à bord d'un vaisseau, les pirates et les mécréants indiens s'abstiennent toujours de l'attaquer. » Il y avait cinquante soldats abyssins sur le navire qui porta le voyageur arabe de Kandahar (non loin de Goa) au Malabar. Mais Ibn Batoutah ne peut parler ainsi que d'Abyssins musulmans, et les renseignements de Marco Polo sur l'Abyssinie trahissent une origine chrétienne. Il semble donc probable que Marco, ou un des deux autres Poli, a visité l'Abyssinie comme messager du grand Kaan.

CONCLUSION

Voilà en résumé ce que vit et dont fut informé Marco Polo. Jamais homme n'avait élargi autant que lui l'horizon géographique des Européens.

Ses leçons ne furent pas perdues. En 1486, Jean II, roi de Portugal, envoya par l'Égypte, deux de ses sujets, à la côte orientale d'Afrique et dans l'Inde, pour vérifier sur place les renseignements de Marco Polo. Ils parlaient l'arabe, assez en usage dans ces contrées. L'un d'eux, Alphonse de Payva, alla jusqu'en Abyssinie ; l'autre, Pierre de Corvillan, visita Aden, Hormouz, Goa, Hinaour, Calicut, et au retour, sur la côte d'Afrique, Zeïla et Sofala. On sait le reste.

Christophe Colomb relève d'Aristote et de Marco Polo, d'une idée fausse du premier et d'une notion réelle empruntée au second. La notion réelle, c'est l'extension immense, infiniment plus grande qu'on ne le soupçonnait avant Marco Polo, du continent asiatique à l'est. L'idée fausse, qui semblait confirmée par la notion réelle, était celle d'une mer continue, pas énormément large, permettant de naviguer tout droit du rivage oriental de l'Asie au rivage occidental de l'Espagne. Estimant cette largeur de mer à huit cents lieues, Christophe Colomb laissa les Portugais à la recherche de la pointe de l'Afrique et se lança sur les flots de l'Ouest. Il arriva à Cuba, qu'il prit d'abord pour le Sypangu de Marco Polo, c'est-à-dire, le Japon.

A. J. Delattre, S. J.

LE CHÈQUE ET LA COMPENSATION [1]

III

UN CHAPITRE DE L'HISTOIRE NATURELLE DE LA CIRCULATION : LA COMPENSATION EN BELGIQUE

C'est une loi physiologique que celle de l'adaptation des organes aux fonctions.

C'est aussi une loi économique.

Les conditions particulières de la circulation *(currency)* en Belgique sont un cas topique d'application de la dite loi.

Le développement des affaires et des transactions a créé en Angleterre un medium d'échange des plus ingénieux qui supplée à l'insuffisance de la monnaie proprement dite.

Le même besoin a été satisfait en Belgique grâce à un procédé différent, mais en somme analogue au procédé anglo-saxon.

En Angleterre et ensuite aux États-Unis les créances exigibles des particuliers sont devenues un instrument de paiement, grâce au *clearing house* et à la compensation.

En Belgique un mode particulier de gager l'émission des billets de banque a déterminé automatiquement, en quelque sorte, l'augmentation de l'émission, dans la proportion même où la nécessité de cet accroissement était

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1902, pp. 64-87.

constatée par la présentation du papier commercial à l'escompte de la Banque.

Dans l'intervention du billet de banque apparaît la différence des deux procédés.

Leur analogie cachée consiste en ce que la circulation de billets gagés sur les opérations commerciales des clients de la Banque n'est pas fondamentalement dissemblable de la circulation des chèques.

Dans les deux cas, il est suppléé au numéraire par des *bons* payables à vue, mais qui ne sont pas payés en numéraire, et ne pourraient pas l'être pour l'ensemble des transactions.

En réalité c'est un système de compensation que le système belge, car la généralité des transactions y est réglée à l'intervention du billet de banque — et notamment il est la monnaie dont usent pour se libérer envers la Banque ceux qui sont ses débiteurs. Si bien qu'une compensation a lieu chaque fois que la Banque escompte le papier commercial et le paie en billets, et aussi chaque fois que ceux dont la Banque a escompté les devises la remboursent à l'aide de ses billets.

On peut dire qu'en Belgique, dès qu'une transaction donne lieu à un paiement auquel le billon ne suffit pas, le billet de banque entre en scène.

Il n'est plus guère frappé chez nous depuis longtemps de monnaie de plein pouvoir libératoire. Aux besoins grandissants des affaires, c'est la Banque seule qui doit pourvoir.

Quelle constatation plus typique que celle-ci : le rapport du commissaire des monnaies nous renseignant sur la frappe... pardon, sur l'émission de la Banque, pour nous mettre au fait de l'état de la circulation ?

Puisque nous venons de parler de ce rapport, n'hésitons pas à en tirer profit. Aussi bien l'augmentation des billets émis est-elle intéressante à connaître dans ses détails.

La circulation totale des billets était en 1880 de 313 millions de francs et de 576 millions en 1900.

Dans l'ensemble, les billets de 1000 et de 500 francs comptent en 1880 pour 151 millions de francs et pour 200 millions en 1900.

Il y a pour 147 millions de billets de 100 et de 50 francs en 1880, pour 288 millions de ces billets en 1900.

Enfin, les coupures de 20 francs, qui en 1880 ne comptent que pour 14 860 000 francs, comptent en 1900 pour 87 1 2 millions, c'est-à-dire que leur importance, après vingt années, est le sextuple de ce qu'elle était au début de la période, tandis que pour les grosses coupures il y a augmentation de 25 p. c. seulement, et pour les coupures moyennes de 50 p. c. environ.

De plus en plus les billets prennent la place des pièces d'or dans la circulation belge.

Puisque le billet de banque tient dans la circulation la place des instruments de plein pouvoir libératoire, il est intéressant de savoir ce qu'il vaut, de savoir comment il est gagé.

Au 3 octobre 1901 les billets en circulation représentaient 582 896 000 francs. Ces cinq cent quatre-vingt-deux millions étaient gagés sur l'encaisse et sur le portefeuille. Voici les chiffres :

Encaisse	118 553 000 francs.
Portefeuille étranger	162 749 000 —
Portefeuille belge	328 278 000 —

On définit la banknote britannique un bon de métal. Il s'en faut de beaucoup que pareille définition puisse s'appliquer chez nous.

Il s'en faut de plus de 80 p. c. si l'on tient compte seulement de l'encaisse, comme le fait le BULLETIN DE STATISTIQUE ET DE LÉGISLATION COMPARÉE dans ses tableaux trimestriels. En effet, nous y voyons représenté par un 20 assez mortifiant pour l'amour-propre national le rap-

port pour cent de l'encaisse à la circulation à la fin du troisième trimestre de cette année (1). L'assimilation du portefeuille étranger à l'encaisse relève, il est vrai, très sensiblement la proportion de l'encaisse aux engagements, représentée dans le MONITEUR DES INTÉRÊTS MATÉRIELS par un 41-72 p. c. plus réconfortant (2).

Pour le surplus, *le pays fait crédit à la Banque* (3). Pour le surplus, la Banque vend à ses clients le crédit qu'ils veulent bien lui faire.

La proportion de la circulation à l'encaisse, d'une part, du portefeuille à l'encaisse, d'autre part, est-elle normale ? Quelques chiffres comparatifs vont nous le dire.

Nous prendrons pour points de comparaison les banques des grands pays voisins, auxquels notre développement industriel et commercial nous permet de nous comparer sans forfanterie.

Au surplus, le lecteur voudra bien ne pas comparer entre eux les chiffres absolus, mais considérer la relation qui unit pour chaque banque les chiffres représentatifs de la circulation des billets et de l'encaisse métallique, et ceux qui ont pour objet le portefeuille et les comptes courants.

DÉSIGNATION DES BANQUES	Encaisse métall.	Porte-feuille	Billets au porteur en circulation	Comptes courants et dépôts privés
	(Millions de francs)			
Banque nationale de Belgique	109-5	489-0	589-3	69-7
Banque de France	3 476-9	609-7	4 170-4	495-5
Banque d'Angleterre	904-7	861-4	730-5	982-4
Banque Impériale d'Allemagne	1 014-5	1 130-6	1 651-7	631-4

Que nous apprend ce tableau extrait de la « situation

(1) Livraison d'octobre 1901, p. 406.

(2) Numéro du 10 octobre reproduisant le bilan du 3 du même mois.

(3) Discours de M. le ministre Liebaert à la Chambre des représentants, le 24 janvier 1900. ANNALES PARLEMENTAIRES, session de 1899-1900, p. 309.

des principales banques d'émission à la fin du premier trimestre de 1901 » (1) ?

Banque d'Angleterre. — L'encaisse couvre la circulation des billets au porteur. Les opérations d'escompte (portefeuille) se font grâce aux dépôts en comptes courants, lesquels atteignent près d'un milliard de francs.

Banque Impériale d'Allemagne. — L'encaisse couvre 81 p. c. de la circulation des billets : les comptes courants n'y ont pas autant d'importance qu'en Angleterre.

Mais l'équilibre entre l'encaisse et le portefeuille réunis, d'une part, et, d'autre part, la circulation et les dépôts en comptes courants s'établit à peu près, grâce à l'excédent du portefeuille sur les comptes courants.

Banque de France. — La circulation dépasse l'encaisse métallique de près de six cents millions de francs, mais l'encaisse est de 3 1/2 milliards environ et atteint 83 p. c. de la circulation.

Les comptes courants atteignent à peine un demi-milliard et le portefeuille six cents millions seulement.

Ce qui est caractéristique, c'est l'abondance de l'encaisse et l'importance de l'émission.

La Banque d'Angleterre n'a qu'une encaisse de 900 millions de francs et ses billets en circulation ne représentent que 730 millions de francs. Pour tout le Royaume-Uni la circulation des billets au porteur demeure inférieure à 1100 millions de francs !

Banque Nationale de Belgique. — L'encaisse et les

(1) Voici les chiffres relatifs à cette situation à la fin du premier *semestre* de 1901, d'après la livraison de juillet du BULLETIN DE STATISTIQUE :

DÉSIGNATION DES BANQUES	Encaisse métall.	Portefeuille	Billets au porteur en circulation	Comptes courants et dépôts privés
		(Millions de francs)		
Banque nationale de Belgique	109-9	485-4	581-5	57-7
Banque de France	3 584-6	560-9	3 955-8	645-5
Banque d'Angleterre	960-4	740-9	749-7	1 022-2
Banque Impériale d'Allemagne	1 120-8	1 521-0	1 718-7	756-6

comptes courants sont peu de chose comparés au portefeuille et à la circulation.

Le portefeuille est de 489 millions, alors qu'en Angleterre il est de 861 millions de francs, en France de 600 millions.

Les comptes courants ne représentent que 70 millions. Ils sont donc bien loin de fournir les fonds de l'escompte.

La situation est caractérisée par la modalité de pourvoir aux besoins de l'escompte, qui est ici l'émission.

Dans la pratique anglaise, qui est aussi celle des États-Unis et que nous retrouvons en France, l'escompte a pour contre-partie les comptes courants. Le retrait des dépôts, dans ce cas, s'il venait à se produire, serait compensé par le seul fait du remboursement des effets que la Banque a en portefeuille.

En cas de panique, comme tous les billets ne sont pas présentés au remboursement et ne peuvent pas l'être, la Banque d'émission et la Banque d'escompte seraient également sauves (1).

L'escompte se faisant en Belgique sous forme d'émission de billets, la situation serait bien différente.

Pour les grandes banques d'émission où les dépôts abondent, elles sont *un intermédiaire* entre leurs clients déposants et leurs clients du portefeuille. Ont-elles à rembourser les premiers, elles pourvoient à cette éventualité de la façon la plus simple, grâce aux remboursements que les seconds ont à faire à la Banque.

Autre est le rôle du compartiment de l'escompte de la Banque Nationale de Belgique. Il pourvoit à l'escompte par l'émission même ; il remet à ses clients, contre des mandats à terme, des billets de banque, c'est-à-dire des mandats à vue tenus pour monnaie par le public en temps normal.

(1) Nous voulons dire la Banque dans son rôle de banque d'émission et la Banque dans son rôle de banque d'escompte.

C'est ce qu'on a appelé « le miracle de la multiplication des espèces ». Est-ce un miracle, ou seulement un mirage? En cas de panique — et toute la préoccupation de la Banque doit être d'aviser à l'éventualité d'une panique — la base d'opérations qui manque déjà à l'escompte ne manquerait-elle pas aussitôt à l'émission ?

Cette comparaison si suggestive serait bien plus significative encore au cas où pour chaque banque nous comparerions non pas un bilan, mais une série de bilans.

Que verrions-nous ? Nous verrions les divers articles du bilan varier en importance. Notamment, nous verrions l'encaisse diminuer quand le portefeuille s'emplit et réciproquement. Nous serions amenés ainsi à constater que la réduction absolue de l'encaisse et sa réduction proportionnelle au portefeuille sont les caractéristiques de la tension du crédit. Nous apprendrions que l'abaissement du niveau de l'encaisse est le signe du gros temps commercial, « qu'on est à la veille d'une crise quand le portefeuille des banques est à son chiffre maximum et l'encaisse à son chiffre minimum ». Ces signes sont considérés par M. Clément Juglar, dont les études sur la périodicité des crises sont classiques, pour « des avertisseurs très exacts des crises qui naissent des abus du crédit » (1).

Mais pour la Banque Nationale de Belgique nous verrions que son baromètre ne fonctionne plus, car nous serions obligés de constater qu'il annonce invariablement la tempête (2).

(1) Rapport présenté au *Congrès international des valeurs mobilières* tenu à Paris en 1900 ; troisième fascicule, n° 95.

(2) Heureusement, il est permis de ne pas laisser au lecteur cette impression plutôt fâcheuse.

Sans doute, s'il faut en croire le baromètre, on conclura, sans pouvoir faire autrement, que notre système de circulation nous met à la merci du moindre incident.

D'autre part, on conclura aussi, d'un examen très attentif, que *la proportion* de l'encaisse au portefeuille *indigène* s'est récemment *relevée*, par une modification dans la composition du portefeuille total. Lors du renouvellement du privilège de la Banque on évaluait à environ quatre cents

Grâce aux données comparatives qui précèdent, on peut ramener à quelques traits caractéristiques la physionomie de la circulation en Belgique : rôle prépondérant du billet de banque, — importance exceptionnelle de l'escompte et du portefeuille de la banque d'émission, — gage tout à fait particulier de l'émission et, consécutivement, constitution tout à fait particulière du portefeuille.

Sur le premier point il suffit de renvoyer au rapport du commissaire des monnaies. « La Banque, dit-il, ne délivre pas d'*or* en quantité appréciable à la circulation belge. Le montant de cette circulation ne peut être évalué, mais est certainement *très minime* (1). » Selon l'appréciation de la Banque elle-même, la circulation des *pièces de cinq francs est en voie de réduction constante* et la petite coupure de vingt francs remplace de plus en plus les écus. « Le change défavorable, dit l'honorable M. Le Grelle, est une cause permanente d'exportation de nos espèces, qui est surtout importante dans les régions avoisinant la frontière française (2). » Même la Banque doit « ravitailler périodiquement son encaisse ». Cette encaisse était de 12 millions de francs au 31 décembre 1900 (3). Pour la maintenir à ce niveau il n'a pas fallu demander à Paris moins de 133 1/2 millions en trois ans.

L'importance relative du portefeuille de la Banque

millions de francs le portefeuille indigène. Or, aux derniers bilans hebdomadaires — ceux d'octobre 1901 — nous remarquons que ce portefeuille n'est que de 300 et quelques millions, alors qu'au 31 mai 1900, il était encore de 380 millions. Le portefeuille total est aujourd'hui et à un an de distance respectivement de 490 millions et de 460 millions. Il a augmenté légèrement en importance, mais c'est grâce à l'augmentation du portefeuille étranger, grossi de 40 à 50 millions.

Or, le portefeuille étranger est tenu pour valoir de l'or. Et si vraiment on songeait, dans les hautes sphères administratives de la Banque, à profiter de cet état de choses pour convertir petit à petit, en or, une partie de ces valeurs d'or, il y aurait là l'indication d'une tendance toute nouvelle.

(1) *Rapport du commissaire des monnaies au ministre des finances et des travaux publics*, 1re année, 1900, p. 16.

(2) *Loc. cit.*, p. 18.

(3) Il s'agit de l'encaisse en écus de cinq francs.

Nationale ne peut manquer de frapper le lecteur des bilans hebdomadaires ou trimestriels des grandes banques d'émission.

A la fin du troisième trimestre de l'année 1901 le portefeuille de la Banque Nationale de Belgique était de 491 millions de francs, celui de la Banque de France de 601 400 000 fr., celui de la Banque d'Angleterre de 678 900 000 fr. Si l'on tient compte de l'importance proportionnelle de la population, quel contraste ! A population égale à celle de la France le portefeuille *total* de la Banque Nationale serait de plus de 2 1/2 milliards de francs, le portefeuille indigène serait de plus d'un milliard et demi !

Et l'importance de cette fonction (l'escompte) de la Banque est d'autant plus grande que l'escompte, en Belgique, commande l'émission.

L'émission, en effet, est principalement gagée sur le portefeuille et non sur l'encaisse, ce qui a déterminé la formation d'un portefeuille qui valût de l'or ou du moins que l'on pût tenir pour tel.

L'histoire monétaire du pays donne la clef de cette situation.

Le vieux monde manquait généralement de monnaie, au seuil de l'époque moderne, avant la découverte de l'Amérique et l'afflux des métaux précieux vers l'Europe qui en fut la conséquence.

La soif de l'or — l'*auri sacra fames*, comme l'appelaient déjà les anciens — saisit les gouvernants à la vue des richesses que l'Espagne tirait de ses possessions d'outre-mer. Au commencement du XVIIe siècle l'Italien Antonio Serra écrit son traité : « Des moyens à employer pour faire abonder l'or et l'argent dans les royaumes dépourvus de mines », ouvrage antérieur de deux années au célèbre « Traicté de l'économie politique » de Montchrétien, qui est de 1615. Le premier système économique, le système

mercantile, n'a pas d'autre origine que cette fascination exercée par les métaux précieux.

Les provinces belgiques, le plus souvent gouvernées de loin par des princes étrangers à leurs mœurs et imparfaitement instruits de leurs besoins, ne furent pas au nombre des nations que l'on tenta d'avantager au point de vue de la possession des métaux précieux, il est à peine nécessaire de le dire.

A cette première cause de pénurie monétaire, le régime politique, vient s'en ajouter une autre, la position géographique de la Belgique et l'activité de son commerce extérieur.

Nous voyons, en effet, nos provinces entretenir dès le moyen âge des relations commerciales suivies avec l'étranger. On ne peut ici que rappeler le fait dans sa généralité, mais il a donné lieu à d'intéressantes recherches, au nombre desquelles nous signalerons celles de M. Alphonse de Witte sur *les relations monétaires entre la Flandre et l'Angleterre* (1) et la monographie qu'il a consacrée à la conférence monétaire tenue à Bruges en 1469 entre les délégués de Charles le Téméraire et ceux du roi d'Angleterre Édouard IV.

Les mêmes causes, dont nous dirons tantôt l'action actuelle, durent agir alors et déterminer l'exportation de la monnaie. « On ne paie pas l'étranger au moyen d'une valeur idéale, il lui faut la même quantité de matière pour compenser la valeur réelle de ce qu'il fournit à nos besoins (2). » Ainsi s'exprimait Van Heurck, conseiller-assesseur à la Jointe des monnaies de Marie-Thérèse.

Sans doute, les métaux venaient à nous — monnayés — par la voie naturelle des échanges, mais les monnaies de valeur marchande supérieure aux autres, en un milieu et dans des temps où des monnaies de types différents étaient

(1) Revue de droit international et de législation comparée, 1894, livraison I.

(2) Op. cit., p. 18 des tirés à part.

en usage, subissaient constamment l'action centrifuge de la loi de Gresham : elles disparaissaient de la circulation et étaient exportées.

Nous savons que les généralisations sont dangereuses : nous devons cependant nous borner à dire que la domination française et ensuite la réunion aux Pays-Bas dotèrent la Belgique de gouvernements de haut prix, nous voulons dire qui lui coûtèrent gros.

Quand enfin elle a conquis l'indépendance, il lui est resté, comme souvenir du régime d'Union, plusieurs centaines de millions de dettes ; comme rançon de la rupture consommée, des budgets obérés pendant une série d'années.

Les premières années d'existence du royaume sont d'ailleurs des années d'anémie monétaire universelle.

Le monde, à la veille de 1850, souffre d'une pénurie monétaire analogue à celle dont l'Europe avait été affligée au XVe siècle. Les découvertes d'or en Californie et en Australie vinrent, comme on sait, y porter remède.

En 1850 aussi la Belgique sortait d'une crise politique et économique aiguë. Pour ne parler que de son aspect économique, il suffira de dire que deux années de disette avaient appauvri le pays et rendu plus sensible la pénurie de numéraire. Alors que cependant le régime monétaire était, depuis la fondation du royaume, extrêmement libéral, on avait dû, en 1848, donner le cours légal à diverses monnaies étrangères qui n'en bénéficiaient pas jusque-là. On avait dû, cette même année 1848, par deux lois successives, autoriser la Société Générale et la Banque de Belgique à émettre, jusqu'à concurrence de 50 millions de francs, des billets ayant cours légal et non remboursables.

En même temps la loi créait un comptoir d'escompte pour venir en aide au commerce. Qu'on veuille bien porter dès à présent l'attention sur cette dernière mesure. Pourvoir à la circulation et à l'escompte sont les préoccu-

pations connexes que nous allons retrouver chez l'auteur de la loi qui a institué la Banque Nationale.

La création de la Banque, tout le monde le sait, remonte à 1850. Ce qu'on a oublié peut-être, c'est qu'à ce moment le pays subissait le cours forcé des billets de banque, que les établissements de crédit auxquels la Banque Nationale fut substituée dans le rôle de banque d'escompte et d'émission avaient dû, deux fois en dix ans, réclamer le secours du jeune État, que celui-ci avait donné pour eux sa garantie à concurrence de 54 millions de francs (1).

« Le but qu'il s'agissait d'atteindre avant tout, ainsi s'exprimait M. Frère-Orban dans l'exposé des motifs de la loi, c'était de séparer des affaires industrielles l'escompte et l'émission ; c'était ensuite d'établir l'unité dans la circulation des billets de banque et d'arriver le plus tôt possible à la convertibilité des billets. »

Il suffit de rappeler ces données significatives pour faire voir tout de suite quel bienfait a été pour la nation l'institution de la Banque.

C'est à la création de la Banque et à l'initiative de Frère-Orban que la Belgique doit le retrait du cours forcé, malgré les incertitudes, les variations et partant les inconvénients du régime monétaire.

Car notre régime monétaire a influé en tous temps sur le fonctionnement de la Banque.

Incertain était le régime monétaire lors de la création de la Banque, incertain il est encore aujourd'hui.

Au lendemain de l'institution de la Banque Nationale, la loi du 28 décembre 1850 vint bouleverser le système monétaire et, après les tâtonnements de 1847 et de 1848, substituer l'étalon d'argent au bimétallisme « français »,

(1) Voir l'exposé des motifs du projet de loi concernant l'institution de la Banque Nationale, présenté à la Chambre des représentants le 26 décembre 1849.

dont les dispositions capitales avaient été reprises par la loi de 1832.

C'était — combien ce temps est loin ! — l'époque où l'argent triomphait, où M. Charles Sainctelette pouvait dire, au Conseil provincial du Hainaut : « Tous les peuples libres, tous les peuples qui apportent dans la gestion de leurs intérêts financiers un certain contrôle, tous les peuples qui discutent ont substitué à leur monnaie d'or une monnaie d'argent (1). »

Sous ce régime la Banque dut naturellement constituer son encaisse en argent, et non sans peine, car c'était l'époque où l'argent faisait prime et était exporté, notamment dans l'Inde, malgré tout l'effort de la législation. C'est que les faits sont plus forts que les textes de loi. Malgré la lettre de la loi de 1850, nous demeurions dans l'orbite du régime monétaire français. Nous subissions, tout comme si le régime légal eût été le bimétallisme, les effets de la loi naturelle qui attire, comme le ferait un aimant, vers les contrées où leur pouvoir acquisitif est le plus grand, les métaux précieux.

D'autre part, l'or — l'or français — remplaçait, au moins partiellement, l'argent dans la circulation. Cette situation de fait — la pénétration de l'or français en Belgique — finit par s'imposer à l'attention du législateur et détermina le vote de la loi du 4 juin 1861, qui donna le cours légal aux monnaies d'or françaises. En vain M. Frère-Orban avait mis son portefeuille dans la balance parlementaire : le bimétallisme à nouveau triomphait, pour recevoir bientôt après la consécration solennelle des traités.

Par la constitution de l'Union latine, de nouveaux devoirs s'imposèrent à la Banque au sujet de la composition de l'encaisse : l'or y fit son apparition.

(1) Discours prononcé, le 15 juin 1859, au cours de la discussion d'une proposition tendant à ce que le Conseil émît le vœu « que l'Etat belge donne le cours légal à la monnaie d'or française ».

Mais les beaux jours de l'Union latine furent courts. Dès 1867, alors que les parlements des pays intéressés venaient à peine de ratifier les protocoles diplomatiques, la conférence internationale réunie par Napoléon III se prononçait pour l'étalon unique d'or. Ce n'était là qu'un vœu d'académie, mais, s'il est vrai que les faits sont plus forts que les lois, il est non moins vrai que ce sont les idées qui dominent les faits et gouvernent le monde.

L'utopie de 1867 est la vérité du XXe siècle naissant : dès 1871 et 1873 elle triomphait dans les lois monétaires de l'empire d'Allemagne, l'Union latine était obligée de suspendre la frappe libre et, en fin de compte de s'interdire la frappe de l'argent.

Du régime monétaire inscrit dans la loi il faut — pour comprendre le rôle dévolu par les circonstances à la Banque — rapprocher le régime réalisé par l'Hôtel des Monnaies :

Tableau résumé des monnaies nationales d'or et d'argent fabriquées à l'Hôtel des Monnaies de Bruxelles de 1832 *à* 1900.

	Millions de francs.
De 1832 *à* 1835 :	
Écus de cinq francs.	9.4
Monnaies divisionnaires au titre de 900/1000.	3.9
Pas d'or.	
De 1838 *à* 1844 :	
Écus de cinq francs.	0.4
Monnaies divisionnaires.	8.1
Pas d'or.	
De 1847 *à* 1853 :	
Écus de cinq francs.	130.7
Monnaies divisionnaires (pièces de fr. 2-50).	6.8
Autres monnaies divisionnaires.	0.8
Pièces d'or de 25 et de 10 fr. (1848-1850).	14.6

	Millions de francs.
De 1858 *à* 1865 :	
Écus de cinq francs.	4.6
Pièces d'argent de 20 centimes.	0.17
Pas d'or.	
De 1865 *à* 1872 :	
Écus de cinq francs.	201.0
Monnaies divisionnaires au titre de 835/1000.	32.0
Pièces de 20 francs.	219.2
En 1873 :	
Écus de cinq francs.	111.7
De 1874 *à* 1878 :	
Écus de cinq francs (1874-1876).	37.7
Pas de monnaies divisionnaires.	
Pièces de 20 francs.	354.2
De 1879 *à* 1900 :	
Plus d'écus.	
Monnaies divisionnaires.	9.8
Pièces de 20 francs (1882).	10.4

A la rigueur, ce tableau, que nous avons tâché de rendre aussi succinct que possible, pourrait se passer de commentaire.

Les débuts de la frappe belge ont été modestes, ce qui s'imposait.

La frappe d'or de 1848-1850 n'a guère été autre chose qu'un essai, une école. On a préféré la pièce de 25 francs à la pièce de 20 francs, on l'a différenciée de la pièce française pour garder le numéraire dans la circulation intérieure. D'autre part, on a frappé bon nombre d'écus, de 1851 à 1853, pour tâcher de faire une réalité du régime décrété par la loi de 1850. Mais, en même temps, et toujours pour enrayer l'exportation du numéraire, on a créé des pièces de deux francs cinquante et de vingt centimes.

La période suivante est une période d'impuissance et

d'expectative, au cours de laquelle notre monnaie d'argent, écus et piécettes mêmes, fuyait irrémédiablement.

Même cette question de l'exode (vers la France) de notre menue monnaie fut l'une des questions les plus étudiées par la conférence monétaire d'où sortit l'Union latine. Un titre plus faible y fut en effet admis pour la monnaie divisionnaire.

Avec la formation de l'Union latine s'ouvrit la période de la grande frappe ... qui ne devait pas durer. Il fallut suspendre la frappe de l'argent et la réglementer étroitement après les spéculations qu'amena la baisse de l'argent. Quant à l'or, il subit à son tour l'action de la loi de Gresham, qui en découragea complètement la frappe après 1878. Si l'on excepte la frappe de dix millions exécutée pour la Banque Nationale en 1882, il n'a plus été fabriqué de monnaie pleine depuis près d'un quart de siècle !

Tout naturellement, l'encaisse de la Banque Nationale dut subir dans sa composition la répercussion du régime monétaire légal et réel.

Voici d'abord un tableau d'ensemble :

Encaisse de la Banque nationale (1).

	(Millions de francs).
1851	25.0
1861	69.0
1871	123.3
1881	99.4
1891	102.7
1900	108.7

(1) Pour les années 1851, 1861 et 1871, d'après le rapport de M. Pirmez, au nom de la section centrale de la Chambre des représentants, préalablement à la discussion du premier renouvellement du privilège de la Banque Nationale. — Collection des *Documents officiels relatifs à la prorogation*. Bruxelles, Hayez. 1872, page 41.

D'après le *Rapport du commissaire des monnaies* pour les années 1881, 1891 et 1900.

Pendant les premières années de l'existence de la Banque son encaisse ne comprit que de l'argent, monnayé et en lingots. Jusqu'au moment où l'Union latine fut conclue la Banque pratiquait à l'égard de l'argent une politique analogue à celle qu'elle suit aujourd'hui à l'égard de l'or. « La Banque — disait M. Ch. Sainctelette en 1859, dans le discours déjà cité, — la Banque attire dans sa caisse la plus grande quantité d'argent qu'elle peut. Si la Banque laissait l'argent dans la circulation du pays, qu'en résulterait-il ? C'est que nos changeurs nous enlèveraient l'argent et nous donneraient en échange de l'or. La Banque serait exposée alors à ne plus pouvoir rembourser à présentation ses billets en espèces d'argent. »

Mais, dans la suite, la composition de l'encaisse a dû subir une transformation radicale, comme le montre le tableau suivant :

Décomposition de l'encaisse.

Au 31 décembre	Or	Écus de 5 francs (Millions de francs).	Totaux (1)
1871	33.9	75.1	123.3
1881	77.8	14.6	99.4
1891	67.9	18.6	102.7
1900	91.9 (2)	12.3	108.7

L'encaisse de la Banque est restée stationnaire, a rétrogradé même, tandis que sa circulation a augmenté sans cesse :

(1) Y compris les monnaies divisionnaires d'argent et le billon.

(2) Depuis 1896 l'encaisse *or* ne comprend plus que des monnaies d'or ayant cours en Belgique. En 1894 l'encaisse comprenait encore pour 19 millions de francs d'or en barres et monnaies diverses.

Au 31 décembre	Billets en circulation *(Millions de francs)*	Encaisse *(Millions de francs)*
1851	54.3	25
1861	117.9	69
1871	228.7	123.3
1881	341.5	99.4
1891	416.7	102.7
1899	564.9	108.2
1900	596.4	108.7

Le rapprochement est significatif. En 1871 la circulation des billets avait pour gage 123 millions de francs d'encaisse métallique. Depuis, de 228 millions la circulation s'est élevée à près de *six cent millions*, tandis que l'encaisse est de 108 millions seulement.

La raison en est que l'émission a dû suppléer au numéraire et se développer avec les besoins du commerce, alors qu'il n'était pas frappé de monnaies nouvelles et que l'or livré à la circulation fuyait et, trahissant l'effort de la frappe, passait la frontière.

Il est impossible de déterminer, même approximativement, l'importance de l'exportation du numéraire. Dans la première série des *Documents monétaires* recueillis et publiés par lui, M. Malou le constatait déjà (1). Et l'administration des finances — dès longtemps — a pris le parti de ne plus tenir compte des monnaies d'or et d'argent dans la récapitulation des valeurs dont se compose le mouvement commercial (2). Mais l'exode de l'or est certain, et la Suisse en souffre tout comme la Belgique. Qu'advient-il de l'or suisse et de l'or belge, dira-t-on ?

(1) Il citait cependant, pour la période qui précède la formation de l'Union latine, d'après les statistiques britanniques, des chiffres très suggestifs au sujet de l'exportation vers l'Angleterre des monnaies belges d'argent et d'or.

(2) Au *Tableau général du commerce de la Belgique avec les pays étrangers pendant l'année 1900* nous lisons, en note de la page XV, que la question du commerce international des métaux précieux est remise à l'étude, ainsi que celle du numéraire.

S'il n'est fondu, il va s'absorber dans la vaste circulation métallique intérieure de la France. Tel est le fait : nous devons pour l'instant nous borner à le constater.

Ce qui nous importe, ce sont ses conséquences.

Faute de numéraire, l'émission a dû forcément augmenter avec l'augmentation des présentations à l'escompte et s'est trouvée ainsi, par la force des choses, gagée, pour tout l'accroissement de la circulation des trente dernières années, sur le portefeuille de la Banque.

Voici les chiffres récapitulatifs :

Portefeuille de la Banque Nationale (1).

	(Millions de francs)		*(Millions de francs)*
1851	44	1881	286.6
1861	144	1891	367.4
1871	214	1900	596

Il devait en être ainsi, alors que la Banque avait été fondée avant tout pour pourvoir aux besoins du commerce et remplir d'une manière suivie les fonctions dont la législature avait dû, peu avant 1850, investir provisoirement un *comptoir d'escompte* créé par elle, d'office et de toutes pièces.

Ainsi s'explique l'importance relative de l'escompte au sein de l'ensemble des opérations de la Banque. La situation, dont les chiffres cités montrent sans doute l'intensité croissante, n'est pas le moins du monde nouvelle.

M. Pirmez la signalait déjà en 1872, en sa qualité de rapporteur, devant la Chambre, de la loi qui prorogea pour la première fois le privilège de la Banque : « Ce qui distingue d'une manière remarquable les opérations de la Banque Nationale de celles des autres banques (2), disait-il, c'est la prédominance presque exclusive de

(1) D'après le rapport cité de M. Pirmez pour les années 1851, 1861 et 1871. — D'après le BULLETIN DE STATISTIQUE ET DE LÉGISLATION COMPARÉE pour les autres années, auquel cas le chiffre indiqué donne la situation à la fin du dernier trimestre de l'année.

(2) La Banque de France, la Banque d'Angleterre, la Banque des Pays-Bas.

l'escompte. Le rapprochement comparatif des moyennes de l'émission et du portefeuille des autres banques met en lumière la part prépondérante que la Banque Nationale a attribuée à l'escompte. La moyenne de l'émission et la moyenne du portefeuille sont en Belgique des chiffres fort peu différents ; la série de vingt-et-une années montre que le niveau entre ces deux éléments s'est assez régulièrement maintenu... On arrive ainsi à formuler, avec la vérité approximative que comporte la matière, cette loi qu'en Belgique à l'accroissement de l'émission correspond un accroissement au moins égal de l'escompte. »

Cette loi ne peut faire de doute, puisque c'est grâce à l'émission qu'il est généralement pourvu, en Belgique, aux besoins de l'escompte, puisqu'en échange des promesses que ses clients lui remettent, la Banque donne des banknotes, c'est-à-dire d'autres promesses. De sorte qu'à la formule de la loi énoncée : *à l'accroissement de l'émission correspond un accroissement de l'escompte*, on pourrait subtituer celle-ci : *à l'accroissement de l'escompte correspond un accroissement de l'émission.*

Que vouliez-vous que fît la Banque en de telles conjonctures ? Qu'elle émît des billets, et de plus en plus des billets... C'est ce qu'elle a fait. Tout l'y conviait : les besoins du commerce et de la circulation, la législation monétaire, l'intérêt de ses actionnaires et ceux du Trésor même, puisqu'une disposition de la loi de 1872 accorde à l'État une bonification d'un demi pour cent sur l'excédent de la circulation moyenne des billets au delà de 275 millions de francs.

Sans doute, il est permis de se demander si l'émission n'a pas été excessive. Pour en déterminer la convenance, il est plus d'une mesure. S'attache-t-on aux besoins du commerce ? — on mesurera les besoins du public par l'escompte même, et on reconnaîtra que l'émission n'a rien d'exagéré. Préfère-t-on considérer d'une manière générale les besoins de la circulation ? — il faut alors mesurer ces besoins eux-mêmes. On peut les comparer à

ceux du public français : dans ce cas encore, et toutes proportions gardées, il faut conclure que nous n'avons pas trop de billets, si la Banque de France n'a pas forcé l'émission. Mais la frappe belge nous fournit des éléments d'appréciation : de 1865 à 1882 la Monnaie de Bruxelles a fabriqué pour 584 millions de francs de pièces d'or de vingt francs, de 1847 à 1876 pour environ 490 millions d'écus de cinq francs. Sans doute, à aucun moment tout ce métal ne s'est trouvé appartenir à la circulation, ainsi que nous l'avons expliqué, mais il ne nous semble pas qu'une circulation de billets d'un demi-milliard excède ce qui est opportun, si l'on considère que la quantité d'or demeurée dans la circulation est minime, que celle des écus de cinq francs est évaluée à 150 millions environ, que les dits écus ne peuvent convenir pour les paiements importants, enfin que depuis près de vingt ans, malgré l'essor de la population, de la richesse et partant le développement des transactions, il n'a plus été frappé que du billon.

Cette vue d'ensemble serait incomplète s'il n'était dit un mot du portefeuille étranger, son importance relative étant d'ailleurs un des traits caractéristiques de notre système de circulation, sinon de la circulation elle-même.

Nous avons à juger et nous jugeons le portefeuille étranger du point de vue qui a été constamment le nôtre au cours de cette étude : nous le tenons pour la conséquence naturelle de notre position économique et monétaire. L'émission est faiblement gagée sur l'encaisse. Elle l'est principalement sur le crédit que les clients de la Banque lui accordent, en somme, quand la Banque escompte leurs devises. Car il importe de dégager ici *ce qu'on voit* de *ce qu'on ne voit pas*. On voit que la Banque fait crédit, on ne voit pas que ses clients lui font crédit.

Que se passe-t-il à l'échéance des effets du portefeuille indigène ? Le commerçant rend à la Banque ce qu'elle lui a donné, des billets de banque : le passif de la Banque se

trouve diminué d'autant, ses moyens de libération vis-à-vis des porteurs de banknotes n'en sont pas augmentés le moins du monde.

Il en est tout autrement du portefeuille étranger. Celui-ci, au contraire, transforme les billets en numéraire à l'échéance. Car il résulte des renseignements officiels fournis à ce sujet par la Banque que ce portefeuille représente des créances de commerçants belges payables à l'étranger et toujours endossées par des maisons de banque de premier ordre. Ce qui revient à ceci : au moment où ces créances ont été présentées à l'escompte, la Banque a payé en banknotes ; au moment de l'échéance elle disposera, si elle le veut, de numéraire étranger.

Le procédé est extrêmement ingénieux, et il est le fils de la nécessité.

Sans doute, on peut se demander si le portefeuille étranger, qui vaut de l'or — c'est entendu — vaudrait encore de l'or en temps de crise grave, de grande guerre continentale, par exemple. On peut se demander s'il représenterait, dans cette éventualité redoutable, de l'or à la disposition de la Banque et livrable à la circulation intérieure.

Lors de la crise de 1870 la Banque Nationale a pu, en dix jours, convertir en lingots son portefeuille étranger, à concurrence d'environ cinquante-sept millions de francs. Il y a là un précédent significatif, sans doute, mais il ne faut pas oublier que sous l'empire du bimétallisme, l'or était gardé moins jalousement par les grandes banques d'émission (1).

(1) Portefeuille étranger de la Banque Nationale au 31 décembre de chacune des années citées, d'après le *Rapport du commissaire des Monnaies* :

	(Millions de francs).		*(Millions de francs).*
1880	54.9	1897	120
1881	40.8	1898	94.6
1890	74.6	1899	108.8
1891	91.6	1900	135 9
1896	102.7	1901 (30 oct.)	164.8

Au surplus, l'histoire de la circulation instruit surabondamment de ce qu'il adviendrait de l'or livré à la circulation intérieure dans une telle occurrence : il disparaîtrait immédiatement de la circulation. Et cela est vrai, quelque hypothèse que l'on forme au sujet du pouvoir libératoire légal des billets. En fait, ni le public ni le commerce ne pourraient se passer de la Banque et de ses billets. Tant que l'émission de ceux-ci restera limitée aux besoins légitimes et normaux, ils conserveront leur valeur acquisitive, parce que la Banque conservera la confiance du public.

Le fonctionnement de la Banque, en fin de compte, n'est pour nous qu'un chapitre de l'histoire naturelle de la circulation.

C'est un fait naturel que l'adéquate adaptation des opérations de la Banque aux besoins de la circulation.

Il est vrai que nous avons vu la Banque modifier la composition de l'encaisse d'après les modifications des règles juridiques relatives au pouvoir libératoire de la monnaie et à l'étalon monétaire. Ne sont-ce pas là choses purement artificielles, œuvre d'un législateur qu'un autre législateur peut défaire ?

A cette objection nous répondons que les lois monétaires de la Belgique et, d'une manière générale, les mesures prises au sujet de la circulation ont été toutes le produit de l'ambiance. Il en est ainsi notamment des lois relatives à l'étalon, qui ont dû s'inspirer de l'état de la production et de l'abondance relative des métaux précieux dans le monde, de la répercussion des faits monétaires et des lois étrangères sur la monnaie, lois qui s'imposaient elles-mêmes à la Belgique comme des faits nécessaires.

De fait, nous pouvons ramener tout ce que nous avons dit à une idée synthétique, sorte de *leitmotiv* de toutes nos réflexions : le manque de numéraire.

Il donne naissance à la Banque : l'inconvertibilité des billets en circulation en 1850 est la raison déterminante de la création de la Banque. Quant à cette inconvertibilité

même, elle est le signe de la pénurie monétaire. Elle l'a pour cause et, bien loin d'y porter remède, l'accroît et la perpétue.

Le manque de numéraire explique aussi l'importance du portefeuille. La loi de 1850 a créé la Banque pour remédier, *par l'escompte*, au manque de numéraire. Et la Banque a été fidèle à l'obligation imposée par la charte de son institution.

C'est encore la pénurie monétaire qui rend compte du mode particulier de gager la circulation des billets que la nécessité a fait admettre.

Enfin, c'est elle qui a fait imaginer le portefeuille étranger comme complément de l'encaisse.

S'il fallait tirer de tout ceci une conclusion, elle serait — cela va sans dire — tout à fait favorable à la Banque privilégiée, bien mieux à même que l'État de maintenir l'émission aux proportions voulues, en temps de crise.

Nous nous plaisons à signaler cette observation à l'attention du lecteur, parce qu'elle apparaît ici non pas comme une thèse d'école ou de parti, mais comme la leçon même des faits.

Il convient de rendre justice à la Banque et à ses administrateurs. Nous reconnaissons qu'elle a fait face à toutes les difficultés et que le développement *anormal* de l'émission est dû à la force des choses et n'est que l'adaptation spontanée et naturelle de l'organisme aux fonctions dont il s'est trouvé investi. C'est ainsi qu'on voit chez certains malades souffrant d'un affaiblissement aortique du cœur le cœur se dilater, se transformer pour suppléer au fonctionnement de l'aorte.

Des faits que nous avons rapprochés se dégage une appréciation *objective* de l'administration de la Banque, appréciation qui constitue à la fois un éloge et une critique.

Les administrateurs de la Banque l'ont gérée selon la loi fondamentale de la vie, la loi de l'instinct qui pousse tout être à être, à être le plus pleinement possible, à se

développer. Ils ont réalisé une Banque Nationale grande, puissante, absorbante, qui s'est adaptée merveilleusement au milieu et l'a envahi à son profit. Ils ont préservé la Banque de l'anémie, non de l'atrophie.

Une loi supérieure à la loi de l'instinct coordonne les instincts des êtres différents, met en lutte ceux des êtres inférieurs, mais veut que les êtres supérieurs refrènent eux-mêmes l'instinct individuel. Aux suggestions de cette loi il semble bien que la Banque ait fermé l'oreille, car elles ont pris très nettement en diverses circonstances la forme du conseil de développer d'autres modes de circulation.

Il est sans doute superflu de nous défendre d'être déterministes, à propos des réflexions qui précèdent. Nous ne nions pas le libre arbitre de chaque administrateur de la Banque dans chacun des actes de son administration. Nous constatons seulement que le sens des opportunités a généralement conduit le Conseil de direction à prendre les mesures sollicitées par les circonstances.

IV

CONCLUSION

En somme, de même que l'évolution du chèque n'est qu'une manifestation des lois économiques, de même les conditions de la circulation en Belgique sont un cas d'application des mêmes lois.

Par là l'étude de ces conditions, tout en étant d'un intérêt pratique immédiat au point de vue national, est intéressante aussi au point de vue purement scientifique.

On peut en dire autant de la question qui reste à traiter : celle de l'intronisation en Belgique des procédés anglais, du chèque barré et du *clearing system*. Est-il possible d'agir sur le milieu économique ? Les transformations ne sont-elles pas nécessairement l'œuvre du temps et la résultante de forces aveugles ?

L'histoire même de la circulation en Belgique nous fournit la réponse. Elle montre que l'évolution économique comme toute évolution demande le concours du temps. Mais elle nous apprend aussi que le système de circulation objet de nos observations est l'œuvre du législateur. L'octroi du privilège de l'émission à la société par actions qui porte le nom de Banque nationale est en effet le point de départ de l'évolution de la circulation en Belgique. Et le régime monétaire *légal*, comme on le verra, donne l'explication ultime du rôle prédominant du billet de banque.

La constatation est importante, car elle permet d'affirmer que le régime belge actuel est susceptible d'amélioration. Et elle peut suggérer l'idée de réaliser ailleurs aussi des améliorations, en tenant compte, cela va sans dire, du milieu — en ayant soin de poursuivre des réformes adaptées aux circonstances de temps et de lieu.

Cette préoccupation de l'adaptation au milieu doit nous faire rechercher tout d'abord pourquoi le chèque, si florissant ailleurs, ne s'est pas implanté en terre latine ?

Les banques ont pris naissance en Italie ; le *chèque* n'est que l'antique *bewijs* dont usaient dès le XVIe siècle et de temps immémorial les commerçants anversois ; le prototype du *clearing house*, c'est la Chambre de compensation lyonnaise. Pourquoi dès lors le chèque ne s'est-il pas *naturalisé* en Belgique et en France, au point de s'y épanouir, et notamment d'y produire cette *variété* si précieuse, le chèque barré (1) ?

Le perfectionnement du système bancaire serait-il affaire de race ? Nous ne le croyons pas.

Si la banque n'est pas aussi vieille que le monde, elle est aussi vieille que la civilisation.

On trouve des institutions de banque en Chine dès la plus haute antiquité, chez les Hébreux, en Grèce, à Rome.

(1) Nous négligeons les pays à circulation avariée, parce qu'une solide et suffisante assise de circulation métallique est nécessaire pour que le système des chèques et des compensations puisse être introduit et fonctionner.

Les banquiers de Ninive et de Babylone émettaient des lettres de change. Xénophon forma le projet d'établir à Athènes la première *Joint-stock Bank* (1), si nous en croyons M. Howarth ; mais il nous paraît qu'il s'agissait plutôt d'une *Union du crédit*, si nous en jugeons par les détails que fournit M. Howarth lui-même (2).

Que le lecteur se rassure, nous n'allons pas l'accabler de souvenirs classiques. Notons seulement ceci : les banques de l'antiquité classique (grecque et romaine) étaient des banques de dépôts et de prêts. Les banquiers payaient un intérêt aux déposants pour obtenir leur clientèle et en demandaient un plus élevé aux clients débiteurs qui leur venaient naturellement.

Ces traits paraissent suffisamment démonstratifs : la banque n'est ni le fait d'une race, ni le fait d'une civilisation à l'exclusion des autres.

Ce sont certaines circonstances de l'histoire économique qui expliquent le développement et l'évolution de l'usage du chèque en Angleterre, son usage restreint en France et en Belgique.

Il nous paraît que le système anglo-saxon, celui de la compensation et des banques caissières de leurs clients, peut être dénommé un système de grand jour et de publicité.

Les habitudes de la Banque latine, au contraire, sont quelque peu mystérieuses. Le crédit s'y accommode du secret. Pourquoi ? Ne serait-ce pas là une survivance des mœurs d'un autre temps, du temps où le prêt à intérêt était prohibé, où la clandestinité s'imposait ?

Une grande différence est à faire, à ce point de vue, entre l'Angleterre et la France.

Les dates seules de la fondation de la Banque d'Angle-

(1) Banque par actions.

(2) W. Howarth, *Our clearing system*. London, Effingham Wilson, pp. 5 et 6 de l'édition de 1897.

terre et de la Banque de France sont significatives. Plus d'un siècle sépare la première de la seconde !

En Angleterre dès la fin du XVIIe siècle le crédit public repose sur le prêt à intérêt, dont la Bible offre des exemples, qu'elle ne proscrit que dans les cas où il y a devoir de charité à prêter gratuitement. Et le lien le plus étroit relie le crédit public au crédit en général, le crédit privé et le crédit public se développent toujours de concert...

En France le prêt à intérêt ne devient licite que plus tard. Et l'Église catholique ne retire pratiquement ses prohibitions qu'au XIXe siècle (1).

Pourtant, dès longtemps les Jésuites, d'une part, Calvin, de l'autre, avaient discerné les causes qui légitiment la perception d'un intérêt (2). Mais leur manière de voir répugnait aux rigoristes. Pascal en fit la satire dans ses *Provinciales*, si notre mémoire est fidèle. On est loin de l'époque où le pape Grégoire IX envoyait des prêteurs juifs de Lombardie à Londres en des temps calamiteux, pour qu'ils vinssent en aide aux couvents et aux particuliers débiteurs du fisc, et devenait ainsi le fondateur de... Lombard street (3).

Bref, les clients n'ont pas pris l'habitude de déposer en banque leurs fonds disponibles, ni partant celle de payer par chèques. Les banquiers, de leur côté, ont gardé l'habitude de ne pas découvrir leurs clients. Tel commerçant qui acquitte une dette au moyen de billets de banque ne se croit pas mis en suspicion, parce qu'il est admis que le billet représente du métal en dépôt à la banque où il est échangeable. Mais le même commerçant hésiterait à payer au moyen d'un chèque barré : il ne serait pas assuré

(1) Voir la justification de la doctrine canonique et l'histoire de son évolution successive dans Claudio Jannet : *Le capital, la spéculation et la finance au XIXe siècle*. Paris, librairie Plon, 1892, pp. 80 et suivantes.

(2) Cf. Leroy-Beaulieu. *Répartition des richesses*, p. 240 de la 3me édition.

(3) Cf. W. Howarth, *op. cit.*, pp. 8 et 9.

de voir son créancier se contenter de ce mode de paiement, il craindrait de faire tort à son propre crédit.

N'oublions pas non plus que l'erreur mercantile domina longtemps en France dans les institutions ; il en est demeuré quelque chose dans le système de banque et de circulation. La France, le fait est classique, a une circulation métallique beaucoup plus importante que les autres pays. La vie de plaisir, le commerce de luxe, les placements à l'étranger y amènent, le protectionnisme aidant, l'or monnayé qui sature la circulation.

La France a une circulation de luxe qu'elle est assez riche pour payer, tandis que les Anglo-Saxons sont trop gens d'affaires pour s'imposer une dépense aussi inutile ; ils ont, on le sait, une caisse unique, celle de la Banque d'Angleterre.

M. Arnauné, que nous avons cité précédemment, montre bien ce qui devrait être réformé dans ces usages. « La véritable cause du peu d'importance des compensations, écrit-il, est dans le développement encore peu avancé de l'usage du chèque et dans l'habitude qu'ont la plupart des négociants français de payer eux-mêmes leurs effets au lieu d'en domicilier le paiement chez un banquier. »

En Angleterre, au contraire, « l'occupation principale des banquiers locaux est d'opérer comme caissiers, d'ouvrir des comptes à des clients et de recevoir des capitaux en dépôt. Ces capitaux sont employés par eux en placements de valeurs qui leur semblent convenir ou en prêts sur les mêmes valeurs, de la façon requise par la nature des opérations. Ce sont là les banquiers dans l'acception anglaise du mot ».

De leur côté, les clients anglais se font ouvrir un compte de chèques non pour en faire un compte courant à l'intérêt, un placement temporaire, mais pour confier à cette banque leur service de caisse, en y laissant, à titre gratuit, un dépôt constant et minimum proportionnel à ce mouve-

ment de caisse et aux services parfois multiples qu'ils demandent à l'établissement de leur choix.

Il y a donc en Angleterre des banquiers qui sont principalement, sinon exclusivement, les caissiers de leur clientèle, tandis que cette profession n'est pas pratiquée en France. L'assise du *clearing house*, si elle ne fait totalement défaut, n'y a pas les vastes proportions que lui donnent les usages d'outre-Manche.

Si sous certains rapports les constatations qui précèdent sont applicables à la Belgique, il s'en faut que les situations soient identiques.

Depuis quelques années l'usage du chèque s'étend en Belgique et il est permis de voir dans ce fait le point de départ d'une évolution progressive.

Nos banques sont mieux préparées à se prêter à une réforme que les Banques françaises.

Et la réforme est plus urgente en Belgique qu'en France. Sans doute notre système monétaire est celui de la France, et notre Banque d'émission est organisée à l'instar de la Banque de France. Mais le billet a pris en Belgique un rôle qu'il n'a pas dû assumer en France (1).

En France la circulation se compose à la fois d'espèces et de billets gagés sur des espèces. D'espèces : d'après le recensement monétaire de 1897, on estimait approximativement à 6 375 millions de francs la valeur probable des monnaies d'or et d'argent existant en France. De billets gagés sur espèces : à la fin du troisième trimestre de l'année 1901, 4 113 millions de billets gagés sur 2 369 millions d'or et 1 112 millions d'argent étaient en circulation.

Les Anglais usent de moins d'espèces et de moins de billets. La compensation, à peine connue en France, per-

(1) Cela apparaîtra comme plus certain encore si l'on tient compte du caractère singulier de notre circulation dite *métallique*, où la monnaie d'argent n'est plus qu'une valeur fiduciaire, grâce à la réduction de la valeur marchande de l'argent.

met de régler, sans numéraire ni banknotes, une quantité énorme d'affaires. Le total des opérations du *clearing house* de Londres s'est élevé l'an dernier à 8 960 millions de livres sterling et en 1899 avait atteint *plus de deux cent cinquante milliards de francs.*

En Belgique le billet de banque règne sans partage. Et cette royauté absolue est périlleuse, comme toute puissance sans contrepoids.

Un régime monétaire boiteux, telle est la circonstance qui nous vaut ce système de circulation véritablement original.

Le pouvoir libératoire appartient en Belgique aux monnaies d'or et aux pièces de cinq francs de l'Union latine. Chacun peut se libérer — eût-il cent mille francs à payer ou cent millions — au moyen d'écus de cinq francs. La Banque aussi jouit de cette faculté qui est de droit commun.

La Banque gardant l'or et offrant ses billets à ceux qui se présentent à ses guichets pour un paiement à recevoir, ses clients préfèrent les billets à l'argent, trop incommode et tombé en discrédit.

Par là la circulation des billets est assurée.

Mais l'abandon de l'étalon boiteux modifierait sensiblement la situation. Et cet abandon est toujours possible. L'Union latine n'a plus qu'une vie provisoire, prolongée chaque année pour un nouveau terme d'un an par tacite reconduction...

Le billet, sans doute, suffit à tous les besoins. Ajoutons qu'il devrait, *quoi qu'il arrivât*, suffire à tout.

Or, l'ignorance de la masse du public rend celui-ci très suggestible à la peur. Nous en avons vu récemment des exemples. A la Bourse on s'affole presque sans raison. Que serait-ce si le public, si la masse saturée de billets, voulait soudain obtenir des espèces de la Banque ? Quelle serait la conséquence de quelques heures seulement de panique ?

A ce danger, toujours possible, il n'est que deux remèdes : ou le cours forcé ou la création et le fonctionnement à Bruxelles d'un *clearing house*.

Bien entendu, nos billets de banque tiennent de la nécessité le cours forcé de fait. Mais, selon la légalité, quelle est la situation ?

Lors du premier renouvellement du privilège de la Banque, en 1872, il fut question de donner aux billets le cours légal, mais ce projet ne fut réalisé que l'année suivante — et imparfaitement.

Jusqu'à la loi du 20 juin 1873, les billets étaient reçus dans les caisses de l'État, grâce à la faculté que la loi du 5 mai 1850 donnait au gouvernement de les y recevoir. Cela suffisait pour les faire accepter dans la circulation.

En 1872 M. Frère-Orban se déclara partisan du cours légal des billets. C'était chez lui une conviction ancienne, mais il n'avait pas, expliquait-il, voulu préconiser à la fois trop de nouveautés lors de la création de la Banque.

Il est permis de croire que M. Frère-Orban, en homme avisé, n'avait pas cru devoir accorder d'emblée cette prérogative à un établissement dont on n'avait pas vu les administrateurs à l'œuvre.

La loi de 1873 est avant tout relative aux chèques. C'est seulement au dernier article que mention est faite de la Banque. Il dispose que « les offres réelles peuvent être faites en billets de la Banque Nationale aussi longtemps qu'ils sont payables à vue en monnaie légale. Cette faculté cesserait de plein droit d'exister si les billets de la Banque Nationale n'étaient plus admis en paiement dans les caisses de l'État. »

Est-ce là le cours *légal ?* Bien imparfaitement. Il n'est donné aux billets qu'*autant qu'ils n'en ont pas besoin*, « aussi longtemps qu'ils sont payables à vue en monnaie légale ». Enfin, il est subordonné au bon vouloir ministériel.

Théoriquement, M. Malou a donc donné aux billets le

cours légal d'une main, en conservant la faculté de le leur retirer de l'autre ; il s'est efforcé d'inspirer la confiance au public et la prudence à la Banque.

Mais, la chose ne fait de doute pour personne, si une crise éclatait, il faudrait s'empresser de donner le cours *forcé* aux billets, c'est-à-dire dispenser — au moins momentanément — la Banque de l'obligation de rembourser les billets en espèces.

Il faudrait pour cela une *loi*. Et pourrait-on la faire voter assez vite, aurait-on les Chambres sous la main et dans la main ?

Le cours *forcé*, voilà un mot qui sonne mal. N'oublions pas pourtant que le cours forcé a été le lot de tous les pays du monde, selon l'expression caractéristique de Barthélemy Dumortier.

Il serait, en temps de crise, la sauvegarde de la Banque et du public lui-même et ne tendrait qu'à maintenir à la disposition du public le medium habituel de l'échange, l'instrument nécessaire des transactions.

Mais est-ce là la signification que le public et surtout l'étranger donnerait au cours forcé ? N'y verrait-on pas l'aveu de l'ébranlement du crédit, et nos relations commerciales avec l'extérieur n'en seraient-elles pas affectées d'une manière fâcheuse ?

L'émission du billet convertible est naturellement limitée, l'émission du billet inconvertible est naturellement illimitée. Le discrédit qui s'attache au billet émis en excès, ou simplement qui *pourrait* être émis en trop grande quantité, pèse sur le billet inconvertible ou commence à peser sur lui.

Ce discrédit agit sur le change, avilit le medium de l'échange et sollicite ainsi un complément d'émission.

Bref, le cours forcé est une redoutable extrémité. Comme nous sommes sûrs qu'en cas de crise le pays y serait acculé, en raison du rôle actuel du billet de banque

dans la circulation, il est opportun de rechercher le moyen de se soustraire à un expédient aussi fâcheux.

Entre les deux objets distincts — et en apparence dissemblables — qui font l'objet de la loi du 20 juin 1873, il est un rapport d'idées. Ces idées, dont la loi est sortie, nous pouvons les formuler ainsi : Il est désirable que l'usage du chèque s'introduise et se développe en Belgique. A cette fin les chèques et généralement tous les titres à un paiement au comptant et à vue sont exempts du droit de timbre, — et diverses dispositions garantissent la sûreté de leur circulation. C'est la première idée.

Voici la seconde : En attendant que ce résultat soit obtenu, il convient d'assurer la circulation du billet de banque.

Des deux dispositions de la loi, la seconde n'est qu'un pis aller, une mesure essentiellement provisoire, dont la durée est laissée à l'appréciation du gouvernement.

La première disposition, au contraire, était destinée à être le point de départ d'une évolution fondamentale des procédés de circulation.

Déjà en 1872 M. Malou avait fait insérer dans les statuts de la Banque la disposition suivante : « La Banque peut concourir à la formation et à la gestion de comptoirs de liquidation *(clearing house)*. » La disposition a été insérée à nouveau dans les statuts revisés, en 1900. Après être restée *lettre morte* pendant près de vingt ans, est-elle destinée à voir sa léthargie se prolonger encore ?

M. Malou, c'est bien certain, eût voulu voir l'usage du chèque se répandre et, avec l'usage du chèque, celui de la compensation. Il ne se contenta pas d'aplanir les voies légales, et notamment d'exempter l'emploi du chèque de toute entrave fiscale. Il fit répandre dans le public un *tract* de propagande où le lecteur trouve d'abord le texte de la loi de 1873 et des documents parlementaires, puis un *Exposé du système des banques et de l'organisation du clearing house de Londres* par M. Ernest Seyd.

La brochure dont il s'agit nous fournirait plus d'un argument en faveur de notre manière de voir. Contentons-nous de cette citation, extraite du rapport présenté à la Chambre des représentants par M. Cornesse : « De l'aveu de tous les hommes compétents, le mécanisme ingénieux des banques de dépôts, des chèques et des comptoirs de liquidation est l'un des facteurs qui maintiennent la vie sociale anglaise et l'un des principaux éléments de sa prospérité. »

M. Cornesse disait encore du système des chèques : *Il présente l'avantage de prévenir ou de diminuer l'émission excessive des billets de banque.*

C'est là un avantage fort appréciable, et appréciable en Belgique plus que partout ailleurs, alors que la circulation y présente les caractères particuliers que l'on connaît.

Il a été dit — notamment au parlement — que le fonctionnement actuel de la Banque est rendu trop sensible aux influences qu'on pourrait appeler atmosphériques. La moindre menace de gros temps financier agirait puissamment, calamiteusement sur son baromètre, l'escompte. Elle devrait limiter ses interventions... et déterminer la panique pour protéger son encaisse et conserver la confiance du public.

Le système de la compensation, au contraire, est naturellement peu sensible à toutes les influences. La pénurie de numéraire est toujours la cause qui fait éclater la crise, et, la crise survenue, la pénurie s'en aggrave. Avec la compensation rien de semblable. Elle laisse le *clearing house* insensible. Il l'ignorerait si l'importance de ses transactions n'en était parfois quelque peu réduite, mais rien de plus.

Le système de la compensation est un système sûr. A y regarder de près, il est une forme du crédit réel.

« C'est bien une sorte de troc qui est réalisé dans cette merveilleuse institution du *clearing house,* dit M. Gide, car ces liasses monstrueuses de chèques, lettres de change,

effets de commerce qui sont échangés et compensés chaque jour ne sont que les signes représentatifs de monceaux de caisses, de ballots, de barriques qui ont été échangés en nature, et, pour qui sait voir derrière les coulisses, le *clearing house* apparaît comme un grandiose bazar analogue à ceux de Kachgar ou de Tombouctou, avec cette seule différence qu'au lieu d'échanger les marchandises en nature, on échange les titres qui les représentent (1). »

En Belgique, nous venons de le voir, la voie est préparée à la compensation par le législateur lui-même. Imitée de la loi française de 1865, la loi belge est plus large. En Belgique tout obstacle fiscal à la généralisation de la compensation a disparu, tandis qu'en France le droit de dix centimes, si minime soit-il, demeure un inconvénient. En Belgique la pénurie de numéraire rend une réforme urgente, tandis que l'abondance avec laquelle les métaux précieux sont répandus dans la circulation en France explique, si elle ne justifie, le peu de succès que la compensation y a jusqu'à présent obtenu.

Cependant c'est en France que la question a été le plus récemment réétudiée, à l'occasion de la réunion à Paris, en 1900, du *Congrès international des valeurs mobilières*. Elle a fait l'objet d'un rapport trop succinct de M. Singer, banquier, rapport dont nous reproduisons les conclusions ci-dessous :

« MOYENS D'EXÉCUTION POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UN « CLEARING HOUSE »

« Création d'une société anonyme au capital minimum de dix millions, dénommée *Société française de compensation*, ayant pour but toutes opérations se rapportant au règlement des négociations de banque et de Bourse, par-

(1) Ch. Gide, *Principes d'économie politique*, 4me édition, p. 252.

ticulièrement tous virements et toutes compensations des mouvements de titres résultant de ces négociations.

» Toute personne présentée dans certaines conditions à fixer par un règlement ultérieur peut se faire admettre comme membre adhérent et à ce titre se faire ouvrir deux comptes : l'un « compte de titres », l'autre « compte espèces ». La société se chargera de la garde, à ses risques et périls, de toutes valeurs que l'adhérent désirera lui déposer.

» L'endos pourra se faire en faveur d'une personne quelconque, mais le dernier bénéficiaire du récépissé, qui aura seul le droit de retirer les titres, devra forcément être un adhérent.

» Tout adhérent devra verser à la société, à titre de dépôt de garantie, une somme non productive d'intérêt dont le montant, variable pour chaque adhérent, sera fixé par le conseil d'administration, mais avec un minimum de ...

» Le conseil d'administration de la société aura le droit d'employer le montant de ses dépôts en opérations de banque offrant toute sécurité et à déterminer par la suite, telles que reports sur les fonds d'État et avances sur titres avec marge. Ces opérations constituent une source de revenus appréciables pour la société, d'autant plus que celle-ci rencontrera parmi les adhérents mêmes la majeure partie de sa clientèle.

» Il serait utile de composer le conseil de plusieurs représentants de grands établissements de crédit et de la haute banque. »

Nous avons cru devoir signaler ce projet, parce que son élaboration même et l'accueil favorable qui lui a été fait — en principe, tout au moins — montrent que la raison fondamentale de poursuivre une réforme des procédés de circulation est la même en France qu'en Belgique : l'économie du numéraire. En France la compensation permettrait d'économiser la circulation des métaux précieux, en

Belgique elle permettrait de faire rentrer la Banque Nationale dans son orbite.

Au surplus, les circonstances dans lesquelles fut élaboré le rapport de M. Singer expliquent quelques particularités de son projet. Aussi ne donnons-nous pas ce projet comme le projet-type du *clearing house* à créer à Bruxelles. A notre sens, la chambre de compensation belge, comme le *clearing house* de Londres, pourrait être *un syndicat de banques*.

Peut-être y aurait-il lieu cependant de s'inspirer du rapport soumis au Congrès des valeurs mobilières ; peut-être la compensation des *titres* serait-elle la voie d'introduction du procédé britannique ? Oui, peut-être faudrait-il, en quelque sorte, faire entrer la compensation dans les mœurs par la porte dérobée, alors que l'accoutumance, cette grande force, fera bien évidemment obstacle à la réforme.

C'est la routine, avant toute autre cause, qui fait obstacle à la création d'un *clearing house* national.

Essayons de le montrer, en nous demandant quelles seraient les conséquences de l'établissement et du fonctionnement de l'institution, pour la banque d'émission, pour les banques, pour les particuliers. Nous les résumons en deux mots : facilité, sûreté.

Pour rendre à tout seigneur tout honneur, il faudrait tout d'abord parler de la Banque.

Il est permis de croire qu'elle ne prendra pas l'initiative de la création. D'autre part, les maisons de banque, dont nous parlerons à l'instant, ayant pris cette initiative, nous le supposons, la Banque devrait au gouvernement et au pays de donner enfin suite à l'invitation que lui adressait M. Malou dès 1872, par l'insertion dans les statuts de la Banque d'une clause relative au *clearing house*.

La Banque, d'ailleurs, se devrait à elle-même de concourir à une mesure d'évident progrès et de tirer parti de

la création éventuelle d'un *clearing house*, comme elle a si parfaitement tiré parti d'autres circonstances jusqu'ici.

Mais si un *clearing house* est institué, ce sera par une entente d'un certain nombre de maisons de banque. Il en est suffisamment qui réunissent la double condition nécessaire de pouvoir s'associer à l'entreprise et d'avoir intérêt à le faire.

Nous avons été amenés à constater que l'on usait du chèque en Belgique. C'est là l'essentiel ; le *clearing house* une fois établi, le chèque évoluera, il s'adaptera à son rôle nouveau : d'ordre de paiement qu'il est encore aujourd'hui en Belgique, il deviendra un ordre de compensation.

Quant à l'intérêt des banques, il est superflu de le leur montrer, et si nous en disons un mot, c'est pour une raison d'ordre, pour traiter la question en entier.

Aujourd'hui la Banque Nationale est la banque des banquiers qui leur fournit le numéraire (les billets) et intervient à leurs opérations d'escompte. Ce système — l'escompte à l'intervention de la Banque d'émission — est un système de subordination : les banques sont tributaires de la Banque. Au contraire, le système de la compensation est un système de liberté : le *clearing house* rend les banquiers indépendants de la Banque. On dit, il est vrai, que la Banque d'Angleterre est la banque des banquiers. Mais il faut s'entendre : elle est la banque *de dépôts* des banquiers, ce qui est une situation bien différente de la situation que nous avons constatée en Belgique.

Tâchons de rendre sensible pour le lecteur la modification que le *clearing house* détermina dans la position des banques vis-à-vis de la banque d'émission.

Les *clearing bankers* belges compenseront des valeurs exigibles diverses, chèques, titres, lettres de change.

Lettres de change... Comment cela ?

Le régime de la compensation une fois établi, à celui qui présente une lettre de change à l'escompte le ban-

quier ne doit plus remettre, pour la circulation intérieure du moins, et dans la plupart des cas, ni numéraire ni billets de banque. Il peut remettre un carnet de chèques, ou, si le client en a déjà un, ce client se trouve, par le fait de l'escompte, avoir une provision nouvelle.

D'autre part, les chèques, étant barrés, ne seront plus présentés au banquier pour qu'il les paie en numéraire, mais lui reviendront par l'intermédiaire du *clearing house*, à l'intervention duquel ils seront compensés.

De même que le banquier n'aura pas remis d'espèces à ses clients en escomptant leurs lettres de change, de même, à l'échéance, ce ne seront pas des espèces que les tirés remettront au banquier, mais des chèques.

On voit qu'une masse de transactions se trouveraient être tout à fait indépendantes de la Banque Nationale *ou pourraient l'être.*

Il n'est pas douteux que, pour certaines transactions, on s'habituerait petit à petit à se passer d'elle. De souveraine absolue elle deviendrait reine constitutionnelle.

A un autre point de vue encore le *clearing house*, par son fonctionnement, consacrerait l'affranchissement des banques. Nous avons dû prévoir comme seul remède à une crise éventuelle, dans l'état présent de la circulation en Belgique, le cours forcé. Or, les établissements de crédit belges ont cinquante millions d'encaisse, c'est-à-dire de *billets de banque ;* de sorte que leur crédit est subordonné à celui de la banque d'émission, de sorte qu'ils subiraient toute dépréciation du medium de la circulation. Le *clearing house*, c'est bien évident, en permettant d'opérer une masse de transactions sans l'intervention des banknotes, garantirait dans une très large mesure les *clearing bankers* contre ce danger. De ce point de vue, le *clearing house* est donc un organisme d'assurance automatique contre la dépréciation de l'instrument de la circulation.

Qui dit compensation, en effet, dit équilibre parfait de la circulation, adaptation du mode d'exécuter les obliga-

tions aux besoins des affaires, — pourvu que les banques ne franchissent pas la limite naturelle de leur intervention, qui doit se borner aux transactions véritables, à l'exception des opérations fictives. Ceci est élémentaire (1).

Il faut le bien redire ici, le chèque n'est pas un titre de crédit, mais un ordre de paiement, un instrument de libération, soit qu'il aboutisse à une remise de numéraire, soit qu'il donne lieu à compensation. Celui qui remet un chèque paie : il ne demande ni obtient de crédit de celui à qui le chèque est remis. Comme le banquier doit être nanti d'une provision, le crédit n'intervient, n'apparaît que si cette provision — cas fréquent en Angleterre — est obtenue grâce à l'escompte d'une lettre de change. Mais la lettre étant tirée, par hypothèse, pour couvrir le tireur du prix d'une marchandise livrée, le banquier en réalité fait un prêt sur gage mobilier, ainsi qu'il est expliqué, à propos de la lettre de change, dans tous les traités d'économie politique (2).

Les banquiers auront à faire l'éducation de leur clientèle. Ils ne la feront pas en un jour. Il ne faut pas espérer que la chambre de compensation à créer en Belgique atteindra d'emblée un énorme développement. Même il ne faut pas le désirer. C'est petit à petit que le *clearing house* de Londres a multiplié ses opérations : il ne faut pas oublier qu'il a un siècle et quart d'âge !

L'essentiel, c'est que l'usage du chèque entre dans les mœurs. Et il en est ainsi. L'emploi du chèque s'étend en Belgique. Nous n'en voulons pour preuve que ces chiffres extraits des rapports d'une compagnie financière de Bru-

(1) On peut ajouter que le fonctionnement du *clearing house* est un excellent préservatif contre la circulation de complaisance ou fictive, par les rapports journaliers que la compensation établit forcément entre les banques associées, par le contrôle mutuel de la clientèle qui en est la conséquence. Le *clearing house* a donc encore cet avantage de mettre les banquiers à l'abri d'un des plus graves périls de leur profession, qui est d'être les dupes de clients réduits aux expédients.

(2) Voir, par exemple, le *Précis d'économie politique* de M. Paul Leroy-Beaulieu.

xelles. Le nombre de comptes-chèques des clients de la *Caisse générale de reports et de dépôts* était en 1876 de 300, en 1881 de 850, en 1886 de 1250, en 1891 de 1550, en 1896 de 1600, en 1898 de 1800, en 1889 de 2400 et en 1900 de 4250. Les derniers progrès sont significatifs.

Ce n'est pas avec du vinaigre qu'on prend les mouches : c'est par l'appât d'un intérêt suffisamment élevé que les banques attireront les dépôts, qui sont la base de l'emploi des chèques.

Le secret du développement du rôle des banques dans la circulation est là : il n'est que là. « Les banquiers de la Grèce et de Rome antiques exerçaient à peu près les mêmes pratiques que les banquiers (anglais) d'aujourd'hui, dit M. W. Howarth. Ils recevaient la monnaie en dépôt, en payant intérêt, — et ils la prêtaient à un intérêt plus élevé (1). »

« Bien loin d'être le signe de la somnolence des capitalistes d'un pays, dit d'autre part M. P. Leroy-Beaulieu, l'abondance des dépôts aux sociétés de crédit est la preuve de leur activité, de leur confiance et de leur esprit d'entreprise (2). »

L'éminent économiste ajoute, en parlant de la France : « Il est infiniment regrettable que les dépôts soient si peu nombreux dans nos banques ; cela vient de nos habitudes routinières. Une foule de gens encore chez nous gardent qui des centaines de francs, qui des milliers de francs chez eux sans en faire aucun emploi. La circulation de notre Banque de France est ainsi démesurée, en même temps que les espèces dormantes chez les particuliers, en billets de banque ou en espèces, sont surabondantes. Tout cela est la preuve de beaucoup d'inertie (3). »

M. Arnauné, de son côté, estime que l'usage développé des dépôts en banque, doit naturellement succéder à

(1) *Our clearing system and clearing houses*, p. 4.
(2) L'ÉCONOMISTE FRANÇAIS, 13 avril 1901.
(3) IBID.

l'usage développé des billets. « Un jour ou l'autre, dit-il, on s'avise qu'il est plus avantageux de déposer ses fonds libres chez un banquier et d'en disposer au moyen de chèques, que de les conserver chez soi improductifs tout en se servant, dans les échanges, de promesses de payer souscrites par le banquier (c'est-à-dire de billets de banque). A partir de ce moment la circulation des billets diminue, tandis qu'augmentent les dépôts et la circulation des chèques (1). »

Ces vérités sont admirablement comprises du public britannique. Il sait que la vraie place des ressources disponibles des particuliers est chez les banquiers. Et ceux-ci, à leur tour, déposent à la Banque d'Angleterre les espèces dont ils n'ont que faire. C'est ce qui nous explique qu'un publiciste compétent, M. Giraud, représente la Banque d'Angleterre comme « toujours prête à se porter au secours de la place » (2). Naturellement, puisqu'elle est constituée par la nation même, le grand réservoir monétaire.

Elle voit ses comptes courants augmenter, tandis que ses affaires d'escompte déclinent, double circonstance que les maîtres de la science financière, M. Paul Leroy-Beaulieu notamment, considèrent comme un progrès (3).

Ces mœurs, nous voudrions les voir fleurir en Belgique.

Il n'est peut-être pas de plus grand encouragement aux dépôts en banque que la circonspection avec laquelle les banquiers britanniques remettent les carnets de chèques. Il y a là pour la clientèle sérieuse une garantie hautement appréciable. Dans la discussion relative au renouvellement du privilège de la Banque Nationale de Belgique, M. le ministre Liebaert signalait avec humour le fait qu'en

(1) *Op. cit.*, p. 568.

(2) Avant-propos à l'édition française du livre de M. Clare sur *Le marché monétaire anglais*.

(3) « La grande masse des affaires de la Banque d'Angleterre, dit M. G. Clare, revêt la forme, non pas d'escompte, mais de prêts à court terme sur garantie de valeurs de bourse de premier ordre, ou de lettres de change. » Page 68 de l'ouvrage cité.

Angleterre, quand on n'a pas de banquier, on feint d'en avoir un. On n'est pas un *gentleman* si l'on n'a son banquier. Mais ceci doit être bien compris : le fait d'avoir un banquier ne crée pas le gentleman. Il faut comprendre qu'on n'obtient le titre de client chez un banquier sérieux que si l'on est galant homme.

Les banques ont confiance dans leurs clients et ont des clients dignes de confiance. Voilà une chose capitale ; elle explique à elle seule le *clearing system* et son succès.

Nos banquiers, pensons-nous, ont plus d'action sur leur clientèle que les banquiers d'outre-Manche. Plus que ceux-ci ils dominent le marché de l'argent. Aussi est-il utile de rappeler qu'en Angleterre les maisons de banque, en bon nombre, ont d'abord été hostiles au *clearing system*. Elles ont passé par la phase que traversent en ce moment les banques françaises. Mais une vue plus claire de leurs intérêts a converti les banquiers anglais, et nous espérons que leur exemple ne sera pas perdu pour les nôtres. Ce qu'ils doivent comprendre et admettre, c'est qu'en matière de banque toute facilité plus grande pour le public est un progrès corrélatif dans le fonctionnement des banques, selon la remarque pleine de sagacité de M. Howarth dans son traité déjà cité sur le *clearing system* anglais. Cela est incontestable : le développement du crédit bien compris a pour corollaire le meilleur emploi des capitaux, le développement des affaires et de la richesse publique. Et ce sont aussi les plus sûres conditions de profits grandissants pour les banques.

Il est désirable que ce point de vue soit aussi celui auquel se placent les administrateurs et les actionnaires de la Banque Nationale, si la question de la participation de notre banque d'émission au fonctionnement d'un *clearing house* national se trouve posée.

La Banque aura à se demander quel rôle sera le sien une fois le *clearing system* admis. Elle est une société quasi-publique, mais constituée à l'aide de capitaux privés

qui doivent être rémunérés. Qu'adviendra-t-il des dividendes ?

Heureusement, le fondateur de la Banque a prévu qu'elle serait constituée à l'aide d'un capital relativement faible et dont la rémunération se trouve par là même facilitée. Il est vrai qu'en 1872 ce capital a été porté de 25 à 50 millions de francs, mais, tel quel, il est encore peu de chose eu égard à la circulation et au rôle de la Banque, et cette circonstance a permis jusqu'à présent la distribution de dividendes plantureux.

Le rôle de la Banque Nationale tendrait à diminuer en ce qui concerne l'escompte. Mais il décroîtra lentement, relativement à l'ensemble des transactions, et non pas d'une manière absolue.

Car il se fera plus d'affaires sous l'empire du *clearing system*.

D'autre part, la Banque verra augmenter les dépôts en comptes courants. Le système du chèque, compris à la manière britannique, aura pour corollaire l'afflux des dépôts dans les banques et de là à la Banque. Il exercera sur les espèces une action centripète, les fera sortir des coffres-forts particuliers et des bas de laine même pour les diriger par le canal des banques vers le réservoir central, la Banque d'émission.

Et la Banque trouvera dans cette situation nouvelle des facilités pour l'escompte, ce qui est une autre raison de croire que la Banque continuera à pratiquer l'escompte, sur une importante échelle, mais sans garder le monopole dangereux que les circonstances lui ont dévolu.

La question a été abordée par l'honorable M. Delbeke, à la séance de la Chambre des représentants, le 17 janvier 1900 (1), et ses conclusions, bien que motivées autrement que les nôtres, sont conformes aux nôtres. Il pense que l'escompte garderait toute son importance actuelle,

(1) ANNALES PARLEMENTAIRES, p. 248.

mais que « la Banque escompterait avec ses comptes courants ». Telles sont ses propres expressions.

Il va jusqu'à dire que les bénéfices de la Banque augmenteraient probablement — ce qui n'est pas impossible — à cause des « frais de l'encours des billets de banque qui lui seraient épargnés ».

Mais il n'est pas évident que la circulation des billets de banque doive être très sensiblement réduite par la création du *clearing house*. La compensation ne sera pas applicable aux petits paiements, qui sont les plus nombreux, nous voulons dire au paiement de faibles sommes, comme les salaires de semaine ou de quinzaine. Le billet continuera d'y remplacer les espèces : le rôle des petits billets est destiné à grandir. Nous avons rappelé combien il a fallu graver de billets de vingt francs ces dernières années. Il faudra en livrer de plus en plus à la circulation, cela est hors de doute...

Le rôle du portefeuille étranger de la Banque Nationale augmentera aussi, ainsi que l'importance de ce portefeuille. C'est chose merveilleuse à constater — de notre point de vue — que ce développement du portefeuille étranger, qui est destiné à devenir, si besoin était, le parachute de l'influence et des bénéfices de la Banque.

Tels sont, pour la Banque Nationale, les moyens dès à présent prévus de parer à certaines conséquences immédiatement défavorables de l'intronisation du *clearing system* en Belgique.

De plus, elle y trouvera un avantage hors de pair : une efficace protection contre l'hypertrophie de ses fonctions, une atténuation certaine aux suites particulièrement redoutables d'une crise toujours possible, alors que le pays n'est pas suffisamment pourvu de numéraire de pleine valeur internationale.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN.

L'IMMUNITÉ

CONTRE

LES MALADIES INFECTIEUSES

Le bactériologie a, dans ces dernières années, réalisé des progrès énormes ; il serait impossible de les résumer tous dans le cadre étroit d'un article de Revue. Nous nous proposons aujourd'hui de faire connaître les découvertes les plus récentes qui ont été faites dans un des domaines les plus importants de cette science, relativement jeune ; nous voulons parler des théories de l'immunité. Cette question n'a pas seulement un intérêt théorique ; mais au point de vue pratique, à savoir la prophylaxie et la thérapeutique des maladies infectieuses, elle joue un rôle absolument capital.

Nous ne jugeons pas nécessaire d'exposer en détail les notions générales qui constituent le fondement des doctrines microbiennes. Nous l'avons fait à suffisance dans plusieurs travaux que nous avons publiés, il y a quelques années, dans la Revue des questions scientifiques et auxquels nous renvoyons ceux de nos lecteurs que la chose intéresse et qui voudraient se rafraîchir la mémoire (1).

(1) *Microbes et Phtisie* (Revue des questions scientifiques, 1884). — *Le Choléra d'après les découvertes modernes* (Ibid., 1885). — *Les Microbes et la Découverte de Koch* (Ibid., 1891). — *Microbes et Hygiène* (Ibid., 1891 et 1892).

Nous nous bornerons à rappeler, avec Metchnikoff, les traits essentiels de la microbiologie, ceux qui sont nécessaires pour comprendre les nouvelles théories de l'immunité.

« Il est établi d'une façon définitive qu'un grand nombre de maladies infectieuses de l'homme et des animaux sont dues à l'invasion de petits organismes parasitaires, tantôt de nature animale (comme dans la gale, la trichinose, le paludisme, la fièvre du Texas), tantôt appartenant au règne végétal (actinomycose, farcin du bœuf, certaines septicémies).

La majeure partie des maladies infectieuses ont pour cause le développement dans l'organisme de plantes de la constitution la plus simple, les bactéries. Ce sont ces microbes qui produisent les infections les plus graves et les plus meurtrières, comme les tuberculoses, la peste humaine, la diphtérie, le choléra, les charbons, les pneumonies, la suppuration, l'érysipèle, le tétanos, la morve, la lèpre, etc.

Parmi les bactéries, il s'en trouve de tellement petites qu'elles ne peuvent être reconnues à l'état d'individus avec nos meilleurs grossissements et ne peuvent être observées que réunies en masse. Tel est le microbe de la péripneumonie des bovidés. Cette petitesse de certaines bactéries est très probablement la cause pour laquelle jusqu'à présent il a été impossible de reconnaître les microbes d'un assez grand nombre de maladies infectieuses, parmi lesquelles la scarlatine, la rougeole, la rage, la syphilis, la fièvre aphteuse, la variole, etc.

Il n'est pas inutile de jeter un coup d'œil sur les divers modes d'action des nombreux agents des maladies infectieuses. Les parasites, qui les produisent, ont, comme trait commun, leurs petites dimensions qui ne permettent de les reconnaître avec précision qu'en armant l'œil de grossissements plus ou moins puissants. Sous d'autres rapports, ils se distinguent par une grande variabilité, ce

qui n'est point étonnant ; car parmi les agents infectieux se trouvent réunis d'un côté des animaux de structure élevée (comme les acares de la gale) et de l'autre côté les végétaux les plus simples, comme des gonocoques ou des coccobacilles divers.

Les acares sont capables de perforer l'épiderme par l'action mécanique de leurs pattes et de leurs mâchoires. Ils creusent des sillons dans la peau et provoquent ainsi ces démangeaisons si caractéristiques de la gale. Les larves des trichines produisent également des troubles considérables par l'acte mécanique de leur pénétration dans les fibres striées et leur migration dans le tissu musculaire. Dans la tuberculose et la lèpre, l'élément mécanique joue aussi un rôle prépondérant ; l'intoxication est reléguée au second plan.

Mais tous ces cas ne constituent qu'une faible minorité, qui s'efface devant la quantité d'infections, dans lesquelles l'élément toxique domine la situation. La plupart des microbes agissent en leur qualité d'empoisonneurs, qui s'introduisent dans l'organisme pour sécréter leurs toxines, capables de provoquer des troubles généraux de natures très diverses. Sous ce rapport, les maladies infectieuses présentent toute une gamme de variations très remarquables.

Ainsi beaucoup de microbes, capables de provoquer des septicémies, ont besoin de se multiplier abondamment dans l'organisme et de se répandre dans le sang, avant de produire un état morbide général. D'autre part, il existe des bactéries qui ont une force de reproduction beaucoup plus faible, mais qui se distinguent par un pouvoir toxique très considérable. Incapables de se généraliser dans l'organisme, ces microbes restent localisés au point de leur pénétration ; de là, ils sécrètent leurs poisons qui amènent le plus souvent une intoxication mortelle. Il est même des exemples où le microbe pathogène disparaît de l'organisme, en y laissant sa toxine qui, seule, amène la mort.

La grande variabilité dans l'action des divers agents pathogènes est encore accrue par la différence des rapports entre les parasites et l'organisme atteint. Certains microbes sont capables de produire la maladie typique, quel que soit l'endroit par lequel ils pénètrent dans le corps. Mais ce sont les moins nombreux. Le bacille tuberculeux fait partie de cette minorité. Au contraire, la plupart des microbes ne produisent leur action que dans le cas où ils s'introduisent dans des points déterminés de l'organisme.

Toutes ces variations et particularités, liées à la nature des agents infectieux, présentent une grande importance au point de vue de l'immunité.

L'immunité contre les maladies infectieuses est la propriété de l'organisme de rester indemne, malgré la pénétration des agents infectieux. Elle présente une grande variabilité : tantôt elle est très stable et durable, tantôt elle est très fragile et passagère.

L'immunité peut être individuelle ou familiale ; elle peut être un privilège de race ou d'espèce.

Elle est souvent innée, ce qui est le cas de l'immunité dite naturelle. Mais souvent aussi elle est acquise. Cette dernière espèce d'immunité se développe, soit par voie naturelle, après une première atteinte de maladie infectieuse, soit à la suite de l'intervention de l'homme (1). »

Pour expliquer l'immunité *naturelle*, on a émis diverses hypothèses. On a cru d'abord que les microbes pathogènes rencontraient, dans le sein de l'organisme, un milieu qui ne leur permettait pas de vivre, soit qu'il fût privé de quelques substances nutritives, indispensables à leur existence, soit qu'il renfermât quelques substances nui-

(1) Nous nous sommes principalement inspirés, pour la rédaction de notre travail, de deux écrits : l'ouvrage magistral que Metchnikoff vient de publier sous ce titre : *L'Immunité dans les maladies infectieuses*. Paris, Masson 1901 et un article du Dr Weichardt intitulé : *Moderne Immunitätslehre*, paru dans le MÜNCHENER MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT, nº 52, 1891.

sibles aux microbes. Des recherches très nombreuses et approfondies ont démontré l'inexactitude de ces hypothèses.

Il y a bien quelques microbes pathogènes qui sont très exigeants pour leur milieu de culture. Il y en a qui ne se développent qu'en présence de quelques substances particulières, comme il y en a d'autres qui sont extrêmement sensibles aux moindres traces de poisons. Mais ce sont là des exceptions rares. La grande majorité des microbes pathogènes s'adaptent, au contraire, facilement à toutes sortes de milieux de culture et la plupart d'entre eux vivent et se développent très bien dans le sang ou dans les autres humeurs des organismes réfractaires.

Pour l'immunité *acquise*, Pasteur s'était figuré que les microbes s'assimilent, pendant leur développement dans l'organisme, les principes alimentaires qui leur sont nécessaires ; ces micro-organismes ne pourraient plus pulluler, faute d'aliments ; ils seraient, d'après cette théorie, réduits à la famine. D'autres auteurs ont pensé que les produits de désassimilation, qui s'accumulent par suite de la multiplication des microbes, empêchent le développement ultérieur de ceux-ci. Flügge et ses élèves ont établi, par des expériences très précises, que ces deux hypothèses sont dénuées de fondement.

De même, la supposition que la toxine se transforme directement en antitoxine n'a pas plus de valeur. Là n'est pas non plus la cause de l'immunité acquise. Il faut la chercher parmi les facteurs plus intimement liés avec la vie.

Voulant approfondir ces recherches, on a imaginé que l'organisme se débarrassait des microbes infectieux en les expulsant au dehors avec les *excreta*. On a soutenu assez longtemps que le corps vivant possédait le moyen de faire passer les bactéries pathogènes dans les reins, d'où elles s'élimineraient par les urines. Mais on a dû se convaincre que cette élimination ne se fait jamais dans les cas

d'immunité et ne s'opère que si l'organisme est malade et que le filtre rénal est atteint dans son intégrité.

Metchnikoff a fait un premier pas dans la voie de la vérité en découvrant la *phagocytose*. Il existe dans tout être vivant un certain nombre de cellules douées par elles-mêmes de certains mouvements propres, capables par conséquent de déplacement. Metchnikoff a observé que ces cellules possèdent la propriété d'englober, de dissoudre, de digérer en un mot les microbes. Il leur a, à cause de cette faculté, donné le nom de *phagocytes* (mangeurs de cellules). Les globules blancs du sang, les globules de la lymphe, d'autres cellules encore ont cette propriété à un haut degré.

La plupart des phagocytes circulent dans la lymphe et le sang, et passent dans les exsudats. Chez les vertébrés on rencontre deux grandes catégories de globules blancs : les uns se présentent sous l'aspect de petites cellules avec un gros noyau et un protoplasme capable de mouvements amiboïdes ; ce sont les *macrophages* du sang et de la lymphe ; une autre catégorie est constituée par de petites cellules amiboïdes, avec un noyau qui est divisé en plusieurs lobes ; ce sont les *microphages*, dont la principale particularité, c'est-à-dire la forme multilobée du noyau, doit être considérée comme une adaptation pour franchir le plus rapidement possible la paroi des capillaires et des petites veines.

Cette découverte, si séduisante par sa simplicité, venait à point pour expliquer un phénomène signalé depuis longtemps par Cohnheim sous le nom de diapédèse. Ce savant pathologiste, dont la science déplore encore la perte prématurée, avait remarqué que, dans les tissus enflammés, les globules blancs du sang traversent les parois des vaisseaux pour passer dans les interstices environnants.

La diapédèse des globules blancs, leur migration dans les cavités et les tissus à travers les parois vasculaires, est un des principaux moyens de défense de l'organisme.

Aussitôt qu'un agent infectieux a pénétré dans le corps d'un animal, toute une armée de globules blancs se dirige vers l'endroit menacé et engage la lutte avec les microbes. Ce sont d'abord les microphages qui passent à travers les parois des vaisseaux, aidés par la forme appropriée de leur noyau. Divisés en plusieurs petits lobes, chacun d'eux pénètre facilement à travers les orifices minuscules entre les cellules endothéliales des vaisseaux. Les macrophages suivent les microphages et se mêlent en quantité plus ou moins grande aux exsudats.

Ce ne sont pas seulement les microbes qui provoquent cette réaction inflammatoire, accompagnée de la migration et de l'accumulation des leucocytes. L'introduction de corps inertes et de liquides aseptiques amène le même résultat. Les phagocytes sont, en effet, doués d'une grande sensibilité, qui leur permet de percevoir de tout petits changements de composition chimique ou physique du milieu qui les entoure.

Arrivés à l'endroit où se trouvent les intrus, les leucocytes les saisissent et les soumettent dans leur intérieur à la digestion intra-cellulaire. Celle-ci se fait dans des vacuoles, qui renferment le plus souvent un milieu très faiblement acide et des ferments digestifs, dont le nombre connu est déjà assez considérable.

De même que les Amibes et les Infusoires font un choix parmi les petits organismes qui les entourent, les phagocytes choisissent aussi les corps qui leur conviennent le mieux. Ainsi les macrophages saisissent de préférence les cellules animales, telles que les globules du sang, les spermatozoïdes et tous les autres éléments qui proviennent des animaux. Parmi les microbes infectieux, les macrophages ont une prédilection marquée pour ceux qui provoquent des maladies chroniques, telles que la lèpre, la tuberculose, l'actinomycose et aussi parmi ceux qui accusent une nature animale. Dans cette dernière catégorie rentrent les parasites amiboïdes du paludisme, de la

fièvre du Texas, etc... Les macrophages peuvent aussi englober les bactéries des maladies aiguës, mais, sauf quelques cas exceptionnels, leur intervention est de peu d'importance.

Les microphages, au contraire, agissent surtout dans les infections aiguës. Leur intervention vis-à-vis des cellules animales est nulle ou insignifiante. Ainsi ils ne saisissent que rarement les globules rouges de même espèce animale ou d'espèce étrangère. Ils manifestent aussi une répulsion vis-à-vis des parasites d'origine animale et de quelques bactéries qui provoquent des affections chroniques. Tandis que les macrophages saisissent les bacilles de la lèpre avec une grande avidité, les microphages ne les englobent qu'à titre exceptionnel.

Telle est la célèbre théorie de la phagocytose, émise par Metchnikoff. Depuis sa découverte, Ehrlich a fait de nouvelles recherches qui ont eu un grand retentissement et qui méritent d'être connues. Nous allons tâcher de les résumer aussi clairement que possible, en nous efforçant de reproduire très exactement les conceptions élaborées par cet esprit génial. Nous aurons principalement en vue l'immunité *acquise*, qui est la plus intéressante au point de vue des applications pratiques à la prophylaxie et à la thérapeutique des maladies infectieuses.

D'après ce que nous venons de dire de la doctrine microbienne, on peut concevoir deux modes d'obtenir l'immunité acquise : ou bien en détruisant ou, tout au moins, en neutralisant les toxines sécrétées par les bacilles, ou bien en tuant les bacilles eux-mêmes.

Nous nous occuperons en premier lieu de l'immunité produite par la *neutralisation des toxines* et nous entrons immédiatement dans le vif de notre sujet. Voici deux expériences de laboratoire, qui sont fondamentales ; elles nous font saisir, du premier coup, ce que peut être cette immunisation.

Si nous emplissons une éprouvette de sang frais et si

nous y ajoutons une petite quantité de la toxine contenue dans la plante du ricin, nous voyons se produire un phénomène singulier. La toxine du ricin exerce une action délétère sur le sang : les globules rouges de celui-ci s'agglutinent et se désagrègent en grande partie ; l'hémoglobine se répand dans le sérum et le liquide sanguin prend une couleur de laque rouge.

Si, d'autre part, nous injectons à plusieurs reprises de la toxine de ricin à un lapin, si nous extrayons de cet animal une certaine quantité de sérum sanguin et si, dans l'éprouvette de tantôt, renfermant du sang frais et de la toxine du ricin, nous ajoutons, immédiatement après le mélange, quelques gouttes de sérum du lapin injecté, nous constatons que le sang ne prend plus la couleur de laque rouge ; l'hémoglobine est restée dans les globules rouges et ceux-ci demeurent intacts. Que s'est-il passé ?

Par l'injection de toxine de ricin au lapin expérimenté, nous avons provoqué la formation d'une substance nouvelle, une antitoxine, qui circule librement dans le sang ; cette antitoxine jouit de la propriété de neutraliser la toxine et de suspendre son action dissolvante sur les globules rouges du sang.

Retenons bien cette expérience ; elle est capitale. Nous y trouvons le point de départ de toute une série de recherches et de découvertes, qui ont jeté une lumière toute nouvelle sur la théorie de l'immunité contre les maladies infectieuses.

Disons de suite que ce que nous venons d'observer dans la production de l'antitoxine du ricin, à savoir qu'une toxine a été rendue inoffensive par une antitoxine absolument spécifique, développée dans le corps d'un animal, se produit de même dans l'organisme d'un malade, atteint de diphtérie, à qui on injecte du sérum antidiphtéritique. Celui-ci s'obtient par l'injection à plusieurs reprises de toxine diphtéritique à des chevaux ; le sérum de ces animaux contiendra de l'antitoxine, qui sera capable de

neutraliser la toxine sécrétée par les bacilles diphtéritiques, qui ont pénétré dans le corps du malade infecté.

Pour expliquer ce phénomène de l'immunisation artificielle de l'organisme à l'aide d'antitoxine, Ehrlich a imaginé une théorie, à laquelle il a donné le nom de théorie des *chaînes latérales* (Seitenkettentheorie), que nous allons résumer dans ses traits essentiels ; nous en déduirons quelques applications pratiques.

Rappelons d'abord les recherches anatomo-pathologiques de Weigert, qui a démontré autrefois que l'organisme ne se borne presque jamais à *compenser* les lésions de moyenne intensité qui atteignent un de ses éléments constitutifs, mais qu'il se manifeste ordinairement une *hypercompensation*. L'exemple le plus frappant de cette loi se voit dans la formation du cal dans un foyer de fracture osseuse ; on sait que la quantité de tissu osseux nouveau, qui constitue ce cal, dépasse la quantité d'os à remplacer ; de là cette déformation qui persiste habituellement dans les membres fracturés à l'endroit où a siégé la fracture. Or, de même que dans l'os mutilé il y a surproduction de substance osseuse, de même il y a surproduction de tissu nouveau dans une cellule animale touchée par une toxine.

Comment une cellule peut-elle être lésée par une toxine? Il est clair que cette lésion n'est possible que si la toxine trouve un ou des points vulnérables dans le protoplasme cellulaire. C'est sur l'absence complète de points vulnérables que repose peut-être l'immunité de certaines espèces animales à l'égard de quelques toxines. Ainsi s'explique l'immunité du chien vis-à-vis de la toxine du botulisme, poison qui, comme on le sait, est sécrété par le bacille très caractéristique contenu dans certaines viandes en voie de décomposition. Personne n'ignore que le chien peut impunément se nourrir de charognes, qui tueraient ou, tout au moins, rendraient très malades d'autres animaux.

De même la toxine du bacille du tétanos ne trouve de points vulnérables que dans certaines cellules nerveuses. De là vient que les symptômes morbides, provoqués par la présence de la toxine tétanique dans le corps, se limitent exclusivement, au moins au début de la maladie, au système nerveux central de l'animal infecté.

D'après Ehrlich, la molécule complexe des substances albuminoïdes contenues dans la cellule renferme, en dehors du noyau central, immuable, une certaine quantité de chaînes latérales ou *récepteurs*, qui remplissent diverses fonctions accessoires et servent notamment à la nutrition de la cellule. Ce sont ces récepteurs qui constituent les points vulnérables des cellules ; ils ont une grande affinité pour les substances nécessaires à l'entretien de la vie des éléments organiques. Dans la vie normale, ces récepteurs saisissent les molécules alimentaires, comme une feuille de la *Dionea* saisit une mouche qui lui sert de nourriture. Dans des conditions particulières, les mêmes récepteurs peuvent accrocher des molécules complexes de substances albuminoïdes, telles que les différentes toxines. Dans ces cas, les récepteurs, au lieu de se combiner avec des molécules qui entretiennent la vie, fixeront des molécules qui empoisonnent la cellule ; dès lors la vie de celle-ci est troublée.

D'après ce que nous venons de dire de la loi de l'hypercompensation, il faut s'attendre à ce que les récepteurs des cellules attaquées soient remplacés par des molécules de nouvelle formation, en quantité disproportionnée avec celles qui ont été touchées. Les molécules nouvelles, produites en excès, passent dans le sang et circulent dans le sérum de ce liquide. Plus la quantité d'éléments récepteurs résorbés par le liquide sanguin est grande, plus le sérum de l'organisme injecté ou infecté contiendra d'unités d'antitoxine, plus aussi le sérum possédera de vertu curative.

Prenons un exemple : Voici un cheval, auquel on a

injecté à plusieurs reprises de la toxine diphtéritique, extraite de bacilles diphtéritiques très virulents. Cette toxine a attaqué les récepteurs de certaines cellules ; ces récepteurs se multiplient en excès et passent dans le sang, avec lequel ils circulent librement ; le sérum sanguin de cet animal renferme donc de grandes quantités d'antitoxine diphtéritique.

Si on injecte à temps une dose suffisante de ce sérum à un malade atteint de diphtérie, les toxines sécrétées par les bacilles pathogènes sont neutralisées de façon à les rendre inoffensives. Les bacilles eux-mêmes ne sont pas détruits, ainsi qu'on le croyait erronément. C'est tellement vrai que ces bacilles peuvent même se multiplier dans le sérum immunisateur. Seulement ces microbes perdent leur action délétère, tant que l'organisme renferme des quantités suffisantes d'antitoxine ; ils deviennent aussi peu nuisibles que de vulgaires saprophytes.

Les conditions sont tout autres dans les cas de maladie très avancée, lorsque les toxines se sont solidement combinées aux récepteurs du protoplasme cellulaire. Dans ces conditions, il faudrait des doses énormes d'un sérum très puissant pour pouvoir peut-être encore arracher la toxine au protoplasme, auquel elle est solidement accrochée.

Les doses de sérum nécessaires à titre prophylactique sont naturellement minimes, parce que les toxines produites par les bacilles diphtéritiques, qui pénétreraient éventuellement dans l'organisme immunisé, sont immédiatement rendues inoffensives, avant que le torrent circulatoire ait pu les conduire aux cellules animales essentielles à la vie.

Les injections d'antitoxine tétanique donnent les mêmes bons résultats préventifs. Au contraire, les effets thérapeutiques du sérum antitétanique laissent encore beaucoup à désirer. C'est que les toxines du bacille tétanique ne trouvent de récepteurs appropriés que dans certaines cellules du système nerveux central ; elles concentrent leur

action délétère sur cet organe important, tandis qu'elles laissent les autres cellules du corps complètement intactes; mais elles s'accrochent d'une façon très solide à ces cellules nerveuses. Ransom a pu démontrer la présence de poison tétanique libre dans tous les organes d'un animal empoisonné par le bacille du tétanos, sauf dans le système nerveux ; dans celui-ci la toxine était solidement combinée avec les cellules.

Nous nous expliquons également pourquoi Roux et Wassermann ont pu injecter à un animal de la toxine tétanique broyée avec de la masse cérébrale, sans qu'il se manifeste aucune action toxique. Les toxines du bacille tétanique s'étaient rapidement combinées avec les molécules-récepteurs de la masse cérébrale et étaient devenues inoffensives. Le poison des bacilles du tétanos concentre donc son action infectieuse sur un nombre restreint de cellules animales.

Ajoutez à cela que la toxine tétanique se combine beaucoup plus rapidement que la toxine diphtéritique avec les molécules-récepteurs des cellules ganglionnaires. Forenitza a constaté qu'une heure après l'introduction du poison tétanique, il faut, pour sauver l'animal infecté, 24 fois plus de sérum curatif que si ce sérum est injecté en même temps que la toxine.

Revenons à la théorie de Ehrlich. Comme nous l'avons dit, cet auteur admet qu'il existe dans le protoplasme cellulaire certains groupes moléculaires qui attirent et retiennent les toxines (récepteurs). D'autre part, d'après lui, les molécules des toxines renferment deux groupements atomiques : un groupement *toxophore* et un groupement *haptophore :* le premier est doué des propriétés toxiques du poison ; le second a la propriété de se combiner avec les récepteurs du protoplasme cellulaire.

Le groupe toxophore est peu stable ; il est détruit par la chaleur et le temps. La toxine est alors transformée en une substance inoffensive, la toxoïde. Le groupe hapto-

phore est, au contraire, beaucoup plus résistant ; il persiste dans les toxines qui ont été soumises à l'action de la chaleur et du temps et qui ont été transformées en toxoïdes.

Comme les éléments haptophores des toxines agissent sur les récepteurs du protoplasme cellulaire, ce sont eux qui produisent la multiplication et le détachement des récepteurs. Il en résulte que les toxines, qui ont été modifiées par la chaleur ou par d'autres agents et qui ont été transformées en toxoïdes inoffensives, peuvent encore conserver leur faculté de provoquer la fabrication d'antitoxine. Si on les injecte, ainsi modifiées à un animal, leurs groupes haptophores s'attaquent aux récepteurs cellulaires ; ceux-ci se multiplient, se déversent dans le sang où ils jouent le rôle d'antitoxine ; le sérum est donc devenu immunisateur. Ce fait est de la plus haute importance au point de vue de l'immunisation.

Dans ses études sur la détermination du pouvoir curatif du sérum antidiphtéritique, Ehrlich a pu établir de la façon la plus précise qu'il existe plusieurs variétés de toxine dans le poison diphtéritique. Ces variétés de toxine ont les mêmes éléments haptophores, mais des éléments toxophores divers. Ainsi les bacilles diphtéritiques produisent souvent, à côté de la toxine typique, des toxones à l'action desquels il rattache les paralysies postdiphtéritiques.

Comme nous l'avons dit, l'antitoxine d'un sérum n'est pas autre chose que les éléments récepteurs qui ont passé dans le sang. Nous allons voir comment Metchnikoff cherche à concilier ce fait avec sa théorie phagocytaire.

Les phagocytes ne doivent pas être considérés comme des cellules, capables seulement de saisir des cadavres de microbes et de cellules animales, ayant toujours peur des poisons et ne pouvant entrer en ligne que sous la protection de quelque fonction antitoxique. Les phagocytes manifestent souvent une sensibilité négative pour beau-

coup de poisons introduits en trop grande quantité dans l'organisme. Mais ce sont justement ces cellules, qui sont les plus résistantes vis-à-vis des substances toxiques et qui protègent les éléments nobles contre l'empoisonnement.

Dans ces conditions, il est tout naturel d'attribuer aux phagocytes le rôle d'agents de lutte de l'organisme contre les poisons, et on peut se demander si ces éléments ne produisent pas les antitoxines. Puisque, d'après la théorie de Ehrlich, ce n'est que le groupement haptophore qui provoque la formation des antitoxines de la part des éléments qui possèdent les récepteurs correspondants, il est bien possible que les phagocytes, grâce à la facilité avec laquelle ils absorbent ces poisons, occupent une place considérable comme producteurs d'antitoxine. Cette supposition a déjà été formulée à plusieurs reprises; dans l'état imparfait de nos connaissances, elle ne peut être démontrée d'une façon suffisante.

On pourrait peut-être objecter contre cette hypothèse que, souvent après des injections de microbes vivants ou morts, l'organisme ne produit pas d'antitoxine, malgré une forte réaction leucocytaire. Mais il ne faut pas oublier que les diverses catégories de phagocytes présentent entre elles de grandes différences et peut-être certains de ces éléments sont seuls capables de produire des antitoxines.

Lorsqu'on introduit dans l'organisme des microbes vivants ou morts, le plus souvent les antitoxines n'apparaissent pas dans les humeurs ; dans ces cas, la réaction se produit principalement par les microphages. Ce sont probablement les macrophages qui représentent la principale source des antitoxines. Dans des exemples, où ce sont précisément ces phagocytes qui englobent les microbes, le sang accuse un pouvoir antitoxique incontestable. Tel est le cas de la peste humaine, dont le microbe est facilement englobé par les macrophages. Dans cet exemple, on obtient des sérums antitoxiques, même après l'introduc-

tion dans l'organisme de microbes vivants ou morts. Ce fait a été observé par Roux et ses collaborateurs.

Metchnikoff donne cette hypothèse pour ce qu'elle vaut, simplement comme une idée directrice pour de nouvelles recherches dans ce domaine, où il y a encore tant d'inconnu. En Allemagne, les auteurs tendent plutôt à admettre que, si les phagocytes ont la propriété de former des substances immunisantes, d'autres cellules organiques jouent également un certain rôle dans la production des antitoxines.

Ainsi les travaux de Pfeiffer et Wassermann ont établi que les divers organes du corps peuvent parfois produire une quantité variable de corps immunisants. Ils ont constaté par exemple que, dans le typhus et le choléra, on pouvait retrouver des substances antitoxiques dans les organes formant le sang. Dans la pneumonie c'est surtout dans la moelle des os que les immunisants apparaissent. Or Wassermann a observé, d'une façon surprenante, avant la crise pneumonique, la présence d'éléments médullaires osseux dans le liquide sanguin. La moelle osseuse joue donc probablement un rôle des plus importants pour l'éclosion de la crise pneumonique.

Quant à la nature de l'action des antitoxines, Ehrlich croit qu'elle est purement chimique. Elle se manifeste aussi bien en dehors de l'organisme, par exemple dans un tube à réaction, que dans le corps vivant. Ce processus chimique est activé par la chaleur, entravé par le froid. Il est plus rapide dans les solutions concentrées que dans les solutions diluées

Un autre progrès résulte des recherches de Ehrlich, à savoir la détermination de la valeur immunisante du sérum antidiphtéritique. Cet auteur a prouvé que la toxine et l'antitoxine obéissent à la loi des multiples, c'est-à-dire qu'elles se combinent dans la proportion de deux équivalents. Ainsi lorsqu'une dose déterminée de toxine est combinée à une certaine dose de sérum contenant de l'anti-

toxine, cinq fois, cent fois plus de toxines sont également rendues inoffensives par cinq ou cent fois plus de sérum. C'est sur cette loi que repose l'administration facile et sûre des sérums antitoxiques, ce qui est très important au point de vue pratique.

Il en est malheureusement tout autrement pour les sérums immunisateurs qui agissent comme *bactéricides*, dont nous allons maintenant nous occuper. Ici les conditions sont beaucoup plus compliquées.

Pour exposer l'état de cette question, il importe d'abord de se rappeler quelques notions théoriques. Le point de départ des travaux dans cet ordre d'idées est une expérience de Pfeiffer.

Si on observe au microscope quelques gouttes d'une culture de bacilles virulents du typhus, on voit ces bacilles animés de mouvements très actifs dans le champ du microscope. Si, d'autre part, on inocule à plusieurs reprises un lapin par des injections de petites doses, non mortelles, de bacilles typhiques ; si, une heure après, on retire de la cavité péritonéale les bacilles qui y avaient été introduits et qu'on les examine au microscope, on s'aperçoit que ces bacilles sont immobilisés et agglutinés. Chez l'animal ainsi traité, il s'est formé un sérum immunisateur contre les bacilles du typhus. Ce sérum n'agit pas, comme le sérum antidiphtéritique, contre les toxines produites par les bacilles, mais bien contre les bacilles eux-mêmes. Comment cela se produit-il ?

Les recherches toutes récentes de notre laborieux compatriote, le Dr Bordet, ainsi que celles d'Ehrlich, ont jeté une lumière nouvelle sur ce phénomène. Rappelons ces expériences, avec d'autres, en détail ; elles sont de la plus haute valeur ; elles ouvrent des horizons absolument nouveaux, non seulement pour la bactériologie, mais aussi pour d'autres branches de la biologie. Les conséquences de ces découvertes sont aussi curieuses qu'inattendues.

Si on injecte à plusieurs reprises du sang de lapin à un

cobaye, il se produit dans le sang de ce dernier animal des substances, qui détruisent les globules rouges du sang de lapin. Cette substance dissolvante a reçu le nom d'*hémolysine*.

Chose remarquable et capitale, *cette hémolysine est absolument spécifique*, c'est-à-dire qu'elle agit exclusivement sur les globules rouges du sang, jamais sur les autres cellules du corps ; bien plus, cette action se manifeste uniquement sur les globules rouges de l'espèce animale, du sang de laquelle ces globules ont été extraits.

Peu après la découverte de l'hémolysine, il a été reconnu que l'organisme animal réagissait, après l'injection d'autres éléments cellulaires, de la même façon qu'après l'introduction de globules rouges du sang. Il se produit donc, ici également, des substances immunisantes spécifiques, qu'on a nommées *cytotoxines ;* l'hémolysine n'est autre chose qu'une espèce spéciale de cytotoxine.

Ainsi Metchnikoff a démontré qu'après l'injection de spermatozoïdes dans l'organisme, il se formait une spermatoxine, laquelle arrête, au moins momentanément, les mouvements des spermatozoïdes.

von Dungern a observé qu'après l'injection à des lapins des cellules à cils vibratils des parties supérieures du conduit respiratoire du bœuf, il se développait une cytotoxine, qui suspendait les mouvements vibratils de ces cellules cylindriques.

Bientôt on a découvert la néphrotoxine, qui détruit les cellules rénales et produit chez les animaux expérimentés une néphrite parenchymateuse. De même l'injection de substance nerveuse donne lieu à la formation d'une neurotoxine, qui amène des lésions graves dans le système nerveux.

Si on injecte du tissu de ganglions lymphatiques de lapins, on provoque la production de leucotoxine, qui a la propriété de dissoudre les globules blancs du sang. La découverte de cette leucotoxine a donné le branle à toute

une série de travaux des plus intéressants poursuivis par l'école de Metchnikoff.

Rappelons la loi de Weigert, que nous avons mentionnée plus haut, à savoir que l'organisme réagit toujours par une hypercompensation contre les lésions de moyenne intensité. On a constaté, conformément à cette loi, que l'injection de petites doses de leucotoxine donnait lieu à une surproduction énorme de leucocytes. Or les leucocytes constituent incontestablement le facteur le plus important dans les faits d'immunisation ; ils doivent être considérés comme d'excellents moyens de défense contre les micro-organismes.

On était donc naturellement porté à tâcher d'exercer une influence favorable sur des processus infectieux par l'accumulation de leucocytes. Effectivement on est arrivé à arrêter complètement des processus lépreux, qui sont cependant si rebelles à toute médication, par une thérapeutique leucocytaire prudemment conduite.

On est également parvenu à exciter la production d'anticorps spécifiques par l'injection d'un grand nombre d'albuminoïdes, qui sont cependant les principes alimentaires de l'organisme. Bordet a pu, en injectant du lait de vache à un lapin, obtenir la formation d'anticorps, avec lesquels il parvint à modifier d'une façon spécifique, en les coagulant, les diverses espèces d'albuminoïdes du lait. Le sérum, fourni par le lapin auquel on a injecté du lait de vache, agglutine en amas, précipite en flocons la caséine. Ce phénomène présente, comme les précédents, le caractère de la spécificité ; ce même sérum, actif vis-à-vis du lait de vache, ne produit aucune modification dans le lait de chèvre.

Le sérum, obtenu après injection de lait de vache, est également sans aucune action sur le lait de femme. Injecte-t-on du lait de femme, on retire de l'animal injecté un sérum, qui agit sur les albumines du lait de femme et non sur celles du lait de vache.

Un animal, à qui on a injecté de l'urine ou des exsudats renfermant de l'albumine, donne un sérum, qui coagule l'albumine de l'urine. C'est même un procédé extrêmement sensible, qui permet de constater la présence de très faibles traces d'albumine dans les urines.

Récemment Uhlenhut ainsi que Wassermann et Schutze démontrèrent que l'action des anticorps peut se manifester, non seulement avec les globules rouges, mais aussi avec le sérum sanguin. Ainsi, le sérum d'un animal, injecté avec le sérum d'une espèce différente, donne avec ce dernier naissance à un précipité floconneux. C'est ce qui a fait appeler la substance active de ce sérum du nom de précipitine. Nolf et Corin ont établi que cette substance était une paraglobuline.

Contre les toxines chimiquement définies, comme les alcaloïdes, le corps ne produit aucune antitoxine. Un homme, qui use et abuse de la morphine, ne pourra pas produire de l'antimorphine, qui le mettrait en état de supporter des doses de poison beaucoup plus élevées que la dose toxique habituelle. Il existe donc une différence nettement tranchée entre l'action physiologique des poisons chimiquement définis et celle des poisons plus complexes, sécrétés directement par la cellule animale.

Une conséquence assez imprévue est résultée de la découverte que l'organisme peut fabriquer des anticorps spécifiques contre les cellules et les produits cellulaires. Il s'agit d'une application médico-légale de ce fait.

Deutsch est le premier qui songea à utiliser les propriétés du sérum d'animaux immunisés pour certaines recherches médico-légales et, dans une communication au Congrès de 1900 à Paris, il fit connaître le résultat de ses recherches : à l'aide de sérum convenable, il put établir que des taches de sang étaient d'origine humaine ou animale. Partant de la même idée, Uhlenhut, ainsi que Wassermann et Schutze prouvèrent que la réaction produite par l'injection de sérum humain à un animal, se manifeste

même avec des taches anciennes de sang. Enfin Ziemke, au laboratoire de Strassmann à Berlin, essaya ce sérum sur du sang putréfié, mélangé avec de la terre, ainsi que sur des taches de sang vieilles de plusieurs années ; il obtint toujours des résultats positifs quand il s'agissait de sang humain.

Cette question de l'origine du sang a la plus grande importance en médecine légale. En effet, la découverte d'une tache de sang humain peut avoir une influence capitale sur le sort d'un accusé. On sait à quelles controverses donne parfois lieu, dans des procès criminels, l'examen de taches de sang, trouvées sur les vêtements ou sur d'autres objets usuels appartenant à un prévenu.

L'expérience, permettant d'arriver à cette détermination, est assez simple. Un lapin est à plusieurs reprises injecté de sang humain ; au bout de quelque temps son sérum devient fortement hémolytique pour le liquide sanguin. Si on mélange ce sérum à une dilution, même ancienne, de sang humain, on voit un fort dépôt s'accumuler au fond du tube à réactif. Si, au contraire, on mélange ce sérum à du sang de cobaye, il ne se produit aucun dépôt.

L'action hémolytique du sérum des animaux injectés est, avons-nous dit, absolument spécifique. Wassermann et Schutze ont fait agir du sérum, obtenu à la suite d'injections de sang humain, sur le sang de vingt-trois espèces différentes (chien, cheval, chat, bœuf, mouton, chèvre, etc...) et n'ont obtenu de précipité qu'avec le sang humain. Seul le sang du singe donne lieu à la réaction caractéristique, c'est-à-dire qu'il se forme à la longue un léger précipité floconneux. C'est là une découverte hautement intéressante au point de vue phylogénétique.

Revenons aux sérums immunisateurs bactéricides. Les poisons du choléra, du typhus et d'autres maladies infectieuses sont, contrairement à la toxine diphtéritique, retenus dans le corps des bacilles. Si dans le but d'obtenir

du sérum immunisateur, nous injectons des cultures de ces micro-organismes à un animal, il se forme dans le corps de celui-ci, non plus de l'antitoxine comme lors de l'injection diphtéritique, mais bien de la cytolysine, qui est en état de détruire les bacilles pathogènes.

Il ne faudrait cependant pas croire que ces cytolysines peuvent être toujours employées à la guérison des malades. Si on injectait ce sérum bactéricide à un malade, par exemple à un cholérique, au lieu d'un effet curatif, on obtiendrait le contraire. Le sérum bactéricide tuerait, il est vrai, les milliards de bacilles cholériques qui sont dans le corps du malade, mais par là même il mettrait en liberté les toxines qui étaient retenues dans le corps des bacilles et qui tueraient l'organisme avec rapidité.

Mais pénétrons plus avant encore dans le processus d'immunisation bactéricide. Un sérum bactéricide n'agit pas toujours de la même façon. Il arrive, par exemple, assez souvent que dès le lendemain de l'injection du sérum anticholérique, les bacilles virulents se multiplient vivement dans le sérum lui-même. Par contre, la destruction du bacille cholérique se produit rapidement, si on injecte le sérum bactéricide et les bacilles correspondants dans la cavité péritonéale d'un animal (expérience de Pfeiffer). L'organisme vivant peut donc jouer un certain rôle dans l'action des sérums bactéricides.

Ehrlich et Morgenroth ont fait des recherches *in vitro* qui révèlent le même fait. Voici une de leurs expériences : le sérum normal de chèvre dissout facilement les hématies du sang du lapin et du cobaye, mais, chauffé pendant une demi-heure à 55°, il perd ce pouvoir. D'un autre côté, le sérum normal de beaucoup de chevaux se montre impuissant à dissoudre les globules rouges des rongeurs que nous venons de nommer. Voici donc deux sérums, également incapables de produire la dissolution des globules rouges de lapin et de cobaye. Et cependant, lorsqu'on les mélange et qu'on leur ajoute du sang d'un des rongeurs précités,

l'hémolyse se fait avec facilité. Le chauffage du sérum de chèvre a donc laissé quelque chose résistant à 55°, une substance qui, par elle-même, laisse les hématies intactes, mais qui, combinée avec une autre substance, contenue dans le sérum du cheval, amène une dissolution.

De même dans l'expérience de Pfeiffer, le sérum anticholérique était incapable, à lui seul, de produire un effet bactéricide ; mais, introduit dans la cavité péritonéale d'un organisme vivant, il y trouvait une substance, grâce à laquelle la destruction des bacilles s'obtenait rapidement.

Ehrlich a déduit de ces faits une nouvelle théorie, dont nous devons dire quelques mots. D'après cet auteur, toutes les cytotoxines se composent de deux corps, à savoir une *substance intermédiaire* (Zwischenkörper) fixe, que Bordet a appelée substance sensibilisatrice — nous dirons tantôt pourquoi — et un *complément* qui est très peu stable.

Le premier de ces deux corps, qui a été également nommé ambocepteur ou fixateur, possède deux groupes haptophores : l'un s'attache aux récepteurs des cellules animales, l'autre au complément. Le complément correspond, par sa structure chimique, à une toxine avec ses groupes haptophores et toxophores. La substance intermédiaire (fixateur) se produit exclusivement par l'immunisation d'un animal contre des cellules, en d'autres termes par la formation de cytotoxine. C'est seulement grâce à elle que le groupe toxophore de la cytotoxine, le complément, s'attache aux cellules et est à même de déployer son action dissolvante sur celles-ci.

Les compléments ont une frappante analogie avec les ferments digestifs de l'albumine. Ce sont des substances extrêmement peu stables ; elles sont détruites par une chaleur relativement peu élevée et très rapidement ; elles sont transformées en complémentoïdes. D'après Ehrlich, les compléments existent dans tout organisme animal et ne sont pas multipliés, comme les substances intermédiaires, par le processus d'immunisation ; ils constitueraient la

partie active de la cytolysine; d'après les idées de Bordet, le rôle des substances intermédiaires se borne à rendre la cellule animale apte à l'action des compléments — de là le nom qu'il leur a donné de substance sensibilisatrice.

Comme les compléments se détruisent rapidement *in vitro*, hors de l'organisme, on comprend que, dans l'expérience de Pfeiffer, les bacilles du choléra ne soient dissous que dans la cavité péritonéale de l'animal, où ils rencontrent des compléments frais, actifs. Dans le sérum bactéricide, hors de l'organisme, les bacilles continuent à se multiplier, quelle que soit l'activité du sérum.

Cependant, même dans l'organisme vivant, il faut qu'il y ait une juste proportion entre les substances intermédiaires et les compléments pour obtenir un bon effet bactéricide. Ainsi Sobernheim a observé qu'un sérum immunisateur contre le charbon, obtenu chez le mouton, préserve excellemment un autre mouton, tandis qu'il n'agit presque pas chez le lapin, uniquement parce que le sérum développé dans l'organisme du mouton ne trouve pas de substances intermédiaires convenables dans le corps du lapin. Pour l'immunisation de l'homme avec des sérums bactéricides, on doit toujours se demander d'abord si les substances intermédiaires existant chez d'autres animaux trouvent des compléments appropriés chez l'homme.

Wassermann a étudié ces faits avec un grand soin. Il est parvenu, par l'introduction de compléments déterminés en quantité suffisante, à produire des sérums bactéricides. On voit, d'après tout cela, que les conditions de la production de sérums bactéricides ne sont pas aussi simples qu'on pourrait le croire.

Nous avons vu que, pour les sérums antitoxiques, la combinaison des toxines avec les antitoxines se faisait dans la proportion d'équivalents simples. Nous avions devant nous un processus chimique, facile à régler. L'action des sérums bactéricides est, au contraire, sous la dépendance

de toute une série de facteurs souvent très variables et difficiles à calculer. La loi des multiples, qui assure le dosage facile et sûr des sérums antitoxiques, n'est pas applicable aux sérums bactéricides.

Cependant, dans ces derniers temps, des progrès, très appréciables pour la pratique, ont été réalisés. Il suffit de rappeler l'inoculation antipesteuse de Haffkine et le traitement très efficace du rouget du porc. Disons un mot, à ce propos, de ce qu'on appelle l'immunisation active et l'immunisation passive.

Un organisme vivant, à qui on a injecté une antitoxine ou une substance immunisante provenant d'un autre individu, est doué d'immunité *passive*. Ce genre d'immunité se manifeste immédiatement après l'injection, mais elle disparaît relativement vite, parce que les éléments étrangers à l'organisme disparaissent en très peu de temps. L'immunité *active* est produite par l'activité de l'organisme lui-même. Elle est naturellement beaucoup plus lente à se manifester, mais, une fois acquise, elle persiste généralement très longtemps.

Il était tout naturel de songer à combiner ces deux méthodes d'immunisation : pour cela, il faut procurer l'immunité active par l'injection de cultures et l'immunité passive par l'introduction de sérum immunisateur antitoxique. L'avantage de cette combinaison est manifeste : l'organisme est immédiatement préservé de la contamination par l'agent infectieux, grâce à l'immunisation passive ; en même temps l'immunisation active a le temps de se développer d'une façon plus lente. Il en résulte une immunisation plus notable et plus durable.

C'est ce qui a été réalisé pour la prophylaxie de la peste humaine. De tous les sérums employés, le plus actif est celui préparé à l'Institut Pasteur de Paris. C'est un sérum de chevaux traités pendant longtemps avec des cultures du bacille pesteux, et avec la toxine du même microbe. On commence par injecter des coccobacilles pesteux, tués

par la chaleur (70°). Ces injections se font dans les veines, afin d'éviter les lésions locales qui s'observent après l'introduction des microbes sous la peau. Lorsque les chevaux ont été rendus réfractaires par le traitement avec les microbes morts, on commence à leur injecter de petites quantités de cultures vivantes. On augmente celles-ci progressivement et on finit par conférer aux animaux une immunité très forte, que l'on renforce encore par des injections de produits de cultures filtrées.

Le même principe a été appliqué au traitement préventif du rouget du porc. M. Leclainche, de Toulouse, après avoir démontré que le cheval est l'animal de choix pour la production d'un sérum très actif, réussit à élaborer une méthode de vaccination aussi simple qu'efficace. Il lui a donné le nom de séro-vaccination. La première inoculation est faite avec un mélange de sérum spécifique et de cultures de bacilles vivants et virulents. Cette inoculation est très bien supportée par les porcs. L'immunité s'établit aussitôt après l'injection du mélange, mais elle n'est pas assez durable pour suffire dans la pratique. C'est pourquoi M. Leclainche fait suivre la première injection d'une seconde, qui se pratique 10 à 12 jours plus tard et consiste en une inoculation d'un demi c. c. du virus pur. Cette méthode a l'avantage de supprimer presque immédiatement la mortalité dans une porcherie infectée.

Voyons maintenant comment Metchnikoff cherche à concilier sa théorie de la phagocytose avec la théorie de Ehrlich.

Les microbes, inoculés à une dose non mortelle, mais immunisante, sont, d'après le bactériologiste de Paris, englobés par les phagocytes et ensuite digérés dans leur intérieur. Cette digestion intra-cellulaire est suivie de la surproduction du fixateur (substance intermédiaire) spécifique, dont une partie est excrétée et passe dans les plasmas.

La théorie de Ehrlich n'objecte rien contre cette con-

ception ; elle essaie seulement de pénétrer plus profondément dans le mécanisme des phénomènes qui se passent entre le microbe et la cellule. L'acte, que Metchnikoff désigne simplement comme digestion intra-cellulaire, est divisé par Ehrlich dans ses parties constituantes. Pour lui, il y a combinaison du fixateur (substance intermédiaire), d'un côté avec la molécule du microbe, de l'autre côté avec celle du ferment soluble (complément).

D'après le savant allemand, ce sont les substances intermédiaires des cellules qui se détachent pour fournir le fixateur qui circule dans les plasmas. Pour Metchnikoff, il s'agit simplement de surproduction d'un des ferments de la digestion intra-cellullaire, sans préciser la partie constituante de ce ferment qui passe dans la circulation.

Les deux théories peuvent se compléter, mais ne sont pas du tout contradictoires en principe. Il n'y a qu'un seul point important où elles sont en désaccord. Ehrlich pense que les ferments (compléments) existent toujours en liberté dans les humeurs et que les cellules, pour exercer une action digestive sur les microbes, doivent préalablement saisir leurs molécules avec un des groupements de leurs substances intermédiaires. Metchnikoff, au contraire, croit que les ferments (compléments) ne sont libres dans l'organisme que pendant la phagolyse et que, dans les conditions normales, ils restent intimement liés aux phagocytes. Cette donnée est basée sur un grand nombre de faits expérimentaux ; elle ne touche à aucun principe fondamental de la théorie de Ehrlich.

De même les bases de celle-ci ne contredisent en rien aucune des idées principales émises par Metchnikoff. La doctrine, qui envisage l'immunité acquise comme un cas particulier de résorption, peut donc se concilier avec la conception des substances intermédiaires. Elle peut tout aussi bien s'accorder avec l'hypothèse de Bordet, d'après laquelle les fixateurs agissent, non pas comme des substances intermédiaires entre le microbe et le complé-

ment, mais comme des substances qui sensibilisent les microbes pour la pénétration du ferment digestif.

Quoi qu'il en soit de ces divergences, peut-être plus apparentes que réelles, il est incontestable que la doctrine de l'immunité a enregistré des progrès énormes depuis quelques années. Nous avons dit l'intérêt scientifique qui s'attache à ces nouvelles découvertes ; nous en avons signalé quelques applications pratiques ; nous avons dû en taire un grand nombre d'autres, pour ne pas allonger démesurément notre travail.

Nous finissons en reproduisant la conclusion par laquelle Metchnikoff termine son magistral ouvrage. « En peu de temps, dit-il, l'humanité a été mise en possession, non seulement d'une foule de notions médicales de la plus haute importance, mais aussi de moyens efficaces pour combattre toute une série de maladies des plus redoutables pour l'homme et les animaux domestiques. La science est loin d'avoir dit son dernier mot ; mais les progrès réalisés suffisent largement pour combattre les idées pessimistes, autant qu'elles ont été suggérées par la crainte des maladies et le sentiment de notre impuissance à lutter contre elles. »

Dr Moeller.

MACHINES ALGÉBRIQUES

I

Une *machine algébrique* est un appareil qui établit entre les valeurs simultanées de différents éléments les relations exprimées dans une formule analytique. Tout appareil permettant de reproduire à volonté un phénomène physique dont les lois sont formulées mathématiquement, peut, à la rigueur, être transformé en machine algébrique. Voici des exemples.

Dans le mouvement oscillatoire d'un pendule simple, il existe une relation connue entre la durée d'une oscillation et la longueur du pendule : la durée d'une oscillation est proportionnelle à la racine carrée de la longueur du pendule. D'ordinaire, on mesure directement la longueur du pendule et la formule que nous venons de rappeler est utilisée pour calculer la durée d'une oscillation ; mais, inversement, un pendule dont on ferait varier la longueur, fournirait sans calcul la racine carrée d'un nombre quelconque : il suffirait de lui donner la longueur exprimée par ce nombre et de mesurer la durée d'une oscillation.

La température d'une masse d'air ou d'un gaz quelconque, supposé soumis à la loi de Mariotte, est proportionnelle au produit du volume qu'elle occupe par la pression qu'elle supporte. Imaginons un corps de pompe muni d'un piston parfaitement ajusté pouvant parcourir toute sa hauteur ; une échelle graduée indiquant pour toute position du piston, le volume occupé par le gaz, et

enfin un manomètre et un thermomètre nous donnant sa pression et sa température.

Voulons-nous effectuer une division ? Chauffons ou refroidissons le gaz et chargeons le piston d'un poids plus ou moins grand, jusqu'à ce que nous lisions simultanément les valeurs du dividende et du diviseur, la première sur le thermomètre et la seconde sur le manomètre. La valeur du quotient est le nombre qui mesure, au même instant, le volume occupé par le gaz : nous le lirons sur l'échelle graduée.

Nous pourrions multiplier les exemples.

En général, chacun des éléments d'un phénomène soumis à des lois mathématiques est représenté par une variable ; toutes ces variables sont assujetties à certaines conditions indiquées par une formule à laquelle satisferont constamment les valeurs simultanées de tous les éléments, puisque cette formule est l'expression même de la loi du phénomène. Dès lors, de même que l'on peut déduire des valeurs connues de quelques-uns des éléments, les valeurs correspondantes des autres, par le calcul et sans l'intervention d'aucune mesure directe de ces grandeurs, on peut aussi, en procédant d'une manière inverse, remplacer un calcul par une expérience ; les renseignements nécessaires pour effectuer le calcul, dans le premier cas, détermineront, dans le second, les conditions dans lesquelles l'expérience doit se faire ; il suffit qu'au moment de la production du phénomène, chaque élément correspondant à une des variables connues atteigne la valeur qu'on attribue à celle-ci : en mesurant les autres éléments on obtiendra directement la valeur des inconnues.

De là, la grande variété de machines à calculer : systèmes de balances plus ou moins compliqués, appareils hydrauliques, appareils électriques et beaucoup d'autres encore, fondés sur des principes très différents les uns des autres, ont été fréquemment proposés ; mais le type le plus fréquent est celui des machines purement cinématiques, dans lesquelles on utilise, pour effectuer les calculs,

certaines relations établies au moyen de combinaisons mécaniques entre les valeurs simultanées des espaces parcourus par différents mobiles.

Cette préférence est naturelle. La Cinématique présente des avantages évidents, et c'est de son application seule que l'on peut espérer des solutions générales dans la construction des machines algébriques. Pour nous en convaincre, reprenons l'exemple de l'air comprimé. Qui fabriquera les échelles, les manomètres et les thermomètres propres à mesurer, avec une exactitude suffisante, les volumes, les pressions et les températures ? Comment ajuster le piston pour qu'il reste parfaitement étanche ? Qui vaincra, en un mot, les mille difficultés pratiques que présente la construction de l'appareil ? Et en admettant même qu'elles soient vaincues, qui voudrait perdre son temps et ses peines à ces manipulations compliquées, au lieu de recourir au procédé du calcul usuel, beaucoup plus rapide, plus commode et plus exact ?

Eh bien ! des difficultés analogues, et même plus grandes, se rencontreraient d'ordinaire dans les applications du même genre. L'intensité d'un champ magnétique, la pression d'un fluide, la longueur d'une onde sonore ou lumineuse et, en général, les éléments qui figurent dans les formules de la Physique, ne peuvent ni se mesurer avec une exactitude suffisante, ni se prêter d'aucune façon à la représentation adéquate des variables. De plus, tous les phénomènes physiques ne peuvent se reproduire avec facilité à chaque moment et nous ne trouverons pas toujours un phénomène dont la loi soit exprimée par la formule que nous désirerons calculer.

II

Dans les machines cinématiques, on supprime quelques-uns de ces inconvénients et l'on rend les autres moins graves. La construction des formules analytiques n'offre,

en pure théorie — quand on recourt à ces machines — aucune difficulté ; poser le problème en termes précis est à peu près le résoudre, et il se pose de lui-même, rien qu'en définissant les machines cinématiques sous une forme adéquate mettant en évidence l'analogie qui existe entre les machines et les formules. Si cette analogie n'apparaît pas toujours clairement, c'est que les définitions généralement admises s'appliquent seulement, en réalité, aux machines industrielles.

Les grands progrès de la mécanique pratique ont mis en évidence, à la fin du XVIIIe siècle, la nécessité d'étudier systématiquement les différents moyens employés pour obtenir la transformation de certains mouvements.

Monge, en 1794, en étudiant l'organisation de l'École polytechnique, proposait de consacrer deux mois à l'étude *des éléments des machines* (1) ; Carnot, un peu plus tard, insistait sur l'utilité de l'étude des *mouvements géométriques* (2) et d'autres hommes de science, dont il est inutile de citer les noms, traitèrent plus ou moins directement de la question qui nous occupe. Toutefois, on attribue généralement à Ampère l'honneur d'avoir constitué la théorie des mouvements géométriques, dans son *Essai sur la Philosophie des sciences* (3). Dans ce livre sont comprises, sous un même nom, deux théories différentes, qui plus tard ont été étudiées séparément par plusieurs auteurs : *La Cinématique pure* et la *Théorie des mécanismes*.

Ampère, après avoir exposé la conception générale de la Cinématique, définit une machine *un instrument à l'aide duquel on peut changer la direction et la vitesse d'un mouvement donné*, et il ajoute : on rend ainsi cette définition

(1) *Essai sur la Composition des machines*, par MM. Lauz et Béthancourt. Paris, 1808, p. 1.

(2) Carnot (L. M. N.), *Géométrie de position*. Paris, 1803.

(3) *Essai sur la Philosophie des sciences*, par André-Marie Ampère. Paris, 1834, p. 51.

indépendante de la considération des forces qui agissent sur la machine, considération qui ne peut servir qu'à distraire l'attention de celui qui cherche à en comprendre le mécanisme. Pour se faire une idée nette, par exemple, de l'engrenage au moyen duquel l'aiguille des minutes d'une montre parvient à faire douze tours pendant que l'aiguille des heures n'en fait qu'un, est-il nécessaire de s'occuper de la force qui met la montre en mouvement ? L'effet de l'engrenage, en tant que ce dernier règle le rapport des vitesses des deux aiguilles, ne reste-t-il pas le même, lorsque le mouvement est dû à une force quelconque autre que celle du moteur ordinaire ; quand c'est, par exemple, avec le doigt qu'on fait tourner l'aiguille des minutes ?

Willis critique dans son livre, *Théorie des mécanismes* (1), la définition d'Ampère. Celui-ci parle, nous venons de le voir, de la transformation d'un mouvement *donné*, c'est-à-dire d'un mouvement dont la direction et la vitesse sont connues ; Willis au contraire, pense, et avec raison, que la machine se limite à régler les relations de vitesse et de direction entre les deux mobiles qu'elle relie elle-même, mais que la connexion établie et ses effets sont indépendants des vitesses actuelles.

Si on prend à la lettre la définition d'Ampère, la transmission invoquée dans son exemple servira à transformer un mouvement *donné*, celui de l'aiguille des minutes, ou une rotation dont la vitesse est d'un tour à l'heure, de façon à obtenir le mouvement de l'aiguille des heures. Willis veut que la définition se fonde non sur les mouvements réels, mais sur leurs relations ; il dit donc que la connexion entre les deux aiguilles règle le rapport de leurs vitesses angulaires qui doivent être toujours dans la proportion de douze à un, et en outre il impose cette condition que les deux aiguilles tournent à chaque moment

(1) *Principles of Mechanism*, by Robert Willis. London, MDCCCXLI, p. XIII.

dans le même sens : toutes deux dans le sens direct ou dans le sens rétrograde. Elles pourront marcher rapidement ou lentement, d'un mouvement continu ou d'un mouvement alternatif, cela est indifférent ; la machine se limitera à imposer les deux conditions mentionnées.

Cette critique n'a pas une grande portée ; elle signale une erreur de rédaction d'Ampère, que Willis était intéressé à mettre en relief pour justifier une nouvelle classification des machines ; j'ai voulu la rappeler parce que, abstraction faite de sa justesse, elle nous conduit directement à l'objet que nous poursuivons.

La machine, suivant Willis, établit une connexion entre deux mobiles, connexion qu'il définit en invoquant le rapport des vitesses ; nous pouvons la définir de même en recourant aux espaces parcourus. Chaque aiguille de la montre décrit en tournant un certain angle ; les deux angles décrits par les deux aiguilles — mesurés à partir d'une position choisie arbitrairement — seront dans le rapport de douze à un.

Nous voici donc en présence d'une machine établissant, mécaniquement, une certaine dépendance entre les valeurs simultanées de deux angles variables, de même qu'une équation exprime, en langage algébrique, une certaine dépendance entre les valeurs simultanées de deux variables abstraites. Or ces angles sont des quantités très faciles à mesurer au moyen de rapporteurs gradués et de compteurs automatiques enregistrant le nombre de tours de chaque aiguille ; nous pourrons donc construire un appareil sur lequel se liront directement les valeurs simultanées des angles décrits par les deux aiguilles ou, pour parler plus brièvement, les valeurs simultanées de leurs déplacements, et ces deux valeurs seront reliées par une condition à laquelle elles doivent toujours satisfaire nécessairement, quels que soient les mouvements de la machine : un déplacement doit être égal à l'autre multiplié par douze, et l'appareil impose réellement cette condition.

Nous arrivons ainsi, après un long détour, à considérer les machines comme on considère les systèmes matériels, en Mécanique rationnelle, et à définir les effets cinématiques des liaisons en formulant les équations imposées aux valeurs simultanées des déplacements de différents mobiles. En vérité, il n'est pas facile d'établir des différences fondamentales entre les systèmes idéaux de la Mécanique et les machines considérées dans la Théorie géométrique des mécanismes, composées, selon l'expression de Bour, de corps fictifs qui ont seulement les propriétés que nous leur avons attribuées nous-mêmes, pour simplifier la question (1). Il est certain que dans un système il peut y avoir un nombre quelconque de mouvements indépendants, tandis que dans une machine telle qu'elle a été définie jusqu'ici, il n'y en aura jamais qu'un seul : il suffit de connaître le mouvement d'un mécanisme déterminé pour déduire le mouvement de toute la machine ; celle-ci sera donc un système à un seul paramètre ou à un seul degré de liberté de mouvement.

Une telle limitation, applicable aux machines industrielles qui, pour des raisons d'ordre pratique, ont toujours un seul moteur, est complètement arbitraire et inacceptable dans la théorie des machines cinématiques dont l'objet est de résoudre, avec toute la généralité possible, le problème de la transformation de quelques mouvements en d'autres.

Ceci est tellement certain qu'en réalité presque tous les auteurs, en dépit de la définition admise, posent subrepticement ce problème plus général, quand ils étudient les combinaisons de mouvements. On sait comment, au moyen des trains épicycloïdaux, s'imposent mécaniquement certaines conditions entre les mouvements de trois mobiles ; on peut faire en sorte, par exemple, que l'angle décrit par l'un d'eux soit égal à la somme des angles décrits par les deux autres.

(1) *Cours de Mécanique et Machines*, par M. Edm. Bour. Paris, 1865, p. 15.

Dans l'appareil ainsi construit, il n'y aura pas transformation d'un mouvement en un autre, mais bien de deux mouvements en un troisième ; deux expérimentateurs différents pourront se charger séparément des mobiles qui représentent les nombres à ajouter et les faire marcher à leur guise : les liaisons mécaniques entraîneront le troisième mobile, de telle façon que les valeurs simultanées des trois déplacements satisferont toujours à l'équation imposée : le déplacement du mobile entraîné par les liaisons sera constamment égal à la somme des deux déplacements qu'auront déterminés arbitrairement les deux expérimentateurs.

Puisque nous donnons le nom de machine à une certaine combinaison de roues dentées qui établit entre *deux mobiles* une connexion telle que le déplacement de l'un doit être douze fois plus grand que celui de l'autre, il est naturel de donner le même nom à cette autre combinaison en vertu de laquelle le déplacement d'un mobile doit être égal à la somme des déplacements de deux autres ; et nous pouvons l'étendre logiquement à toute combinaison plus ou moins compliquée de mécanismes qui relie *un nombre quelconque de mobiles* et établit entre eux une certaine dépendance. Nous dirons donc, d'une manière générale, qu'*une machine est un instrument qui relie différents mobiles et impose mécaniquement certaines relations entre les valeurs simultanées de leurs déplacements* (1).

III

Il n'est pas difficile d'imaginer la disposition générale d'une machine algébrique ; elle différera seulement d'une autre quelconque par certaines particularités d'ordre pratique et spécialement dans les dispositions adoptées pour

(1) *Memoria sobre las Maquinas algebricas*, por Leonardo Torres. Bilbao, 1895.

rendre plus aisée la lecture des valeurs des déplacements. Elle se composera de différents corps, les uns fixes, les autres mobiles par rapport à ceux-là ; cette distinction est purement empirique; on peut expliquer le mouvement d'une montre, en supposant qu'une quelconque des aiguilles reste fixe, pendant que le cadran et la boîte tournent, entraînant toutes les roues, converties en autant d'épicycles ; mais dans la pratique la distinction s'impose presque toujours. Quand nous parlons des mouvements d'une montre, nous supposons tous implicitement que le cadran est immobile, et il ne viendra à personne l'idée d'expliquer le mouvement d'un tour ou d'une machine à coudre en supposant la pédale fixe et le reste de la machine en mouvement oscillatoire.

A chaque variable réelle correspondra dans la machine un mobile guidé de telle façon que chacun de ses points se meuve sur une trajectoire déterminée. C'est le cas le plus fréquent. Dans les machines à vapeur, par exemple, tous les points du piston décrivent constamment, dans leur mouvement de va-et-vient, des trajectoires rectilignes, tandis que les points du volant décrivent des trajectoires circulaires, et il faut remarquer que la connexion établie entre les deux mobiles au moyen de la transmission de bielles et manivelles, n'a aucune influence sur la détermination de leurs trajectoires; si ces organes disparaissaient, les deux mouvements seraient indépendants l'un de l'autre, mais le piston ne pourrait que marcher en ligne droite, en glissant tout le long du corps de pompe, et le volant pourrait seulement tourner autour de son arbre. Il doit en être de même dans la machine algébrique que nous sommes en train d'imaginer; chacun des mobiles destinés à représenter les variables sera lié aux corps fixes par des connexions qui l'obligeront à marcher toujours suivant une trajectoire déterminée. Une échelle en correspondance avec chacun de ces mobiles permettra d'apprécier par une simple lecture la valeur des déplace-

ments ; l'échelle et le mobile réunis constitueront un appareil propre à représenter une quantité quelconque, positive ou négative.

Ces appareils, auxquels sur les indications de M. Édouard Saavedra j'ai donné le nom d'*arithmophores,* peuvent offrir des dispositions très variées et ce n'est pas le lieu de les examiner ici ; mon intention est seulement d'indiquer, sous une forme schématique, la manière de réaliser mécaniquement dans la représentation des variables les procédés usuels de la Géométrie.

Un coulisseau assujetti à se mouvoir dans une rainure rectiligne sera l'équivalent mécanique d'un point qui se meut sur une ligne droite. Nous choisirons le long de la rainure, un point fixe, qui sera le zéro, et nous tracerons à partir de ce point l'échelle des quantités positives dans un certain sens et celle des quantités négatives en sens contraire. Nous pourrons représenter une quantité réelle quelconque en faisant courir le coulisseau le long de l'échelle et en l'arrêtant en face de la division qui correspond à cette quantité.

Une quantité imaginaire peut se représenter par un mobile guidé de telle manière que chacun de ses points se meuve toujours sur une surface déterminée. Imaginons, pour continuer à copier le procédé géométrique, un plan matériel et une règle qui lui soit fixée au moyen d'un axe autour duquel elle tourne sans jamais abandonner le plan ; dans cette règle une rainure rectiligne et dans la rainure un coulisseau qui court tout le long de celle-ci ; traçons à côté de la rainure une échelle dont le zéro coïncidera avec l'axe de giration et, dans le plan, un cercle gradué ; nous aurons ainsi un appareil qui permettra de représenter n'importe quelle quantité imaginaire ; son *module* sera donné par la position du coulisseau sur l'échelle, et son *argument* par la position de la règle sur le cercle gradué.

En résumé, un arithmophore se composera d'un mobile

dont le déplacement représente la variable, et d'une ou deux échelles — suivant qu'il s'agit de quantités réelles ou de quantités imaginaires — pour mesurer ce déplacement. Dire que nous faisons varier une quantité ou que nous lui donnons une valeur déterminée, reviendra à dire que nous faisons marcher le mobile correspondant ou que nous le fixons dans une position déterminée.

Nous voilà donc en possession de l'armature, de la partie immobile de la machine ; nous avons aussi divers arithmophores correspondant à autant de variables ; mais les mobiles de ces arithmophores sont encore tous indépendants les uns des autres, il n'y a aucune relation entre leurs positions simultanées : dès lors, il n'existe encore aucune dépendance entre les variables représentées.

Établissons maintenant des connexions entre ces mobiles au moyen de mécanismes qui leur imposent une certaine solidarité. Leurs mouvements devront, dès ce moment, obéir à certaines lois et celles-ci se formuleront en un système d'équations de condition relatives aux déplacements des mobiles, c'est-à-dire relatives aux variables représentées par les arithmophores. Ainsi *les équations de condition sont construites dans les machines* et la question est ramenée à celle-ci : peuvent-elles toujours se construire, quelles qu'elles soient ?

IV

Commençons par le cas le plus simple. Pourrons-nous construire une fonction explicite quelconque ? Pourrons-nous faire qu'un mouvement dépende de plusieurs autres différents suivant certaines lois indiquées explicitement par une formule analytique ? Théoriquement, oui. Il n'est pas facile et il serait superflu de le démontrer ici avec toute la rigueur nécessaire ; mais on peut signaler le chemin à suivre dans une construction pareille.

Le problème paraît d'une grande complication à cause de l'infinie variété de fonctions qui figurent dans les formules ; mais dans les calculs numériques il faut seulement exécuter un certain nombre d'opérations, toujours les mêmes, en les combinant de différentes manières et en les répétant autant de fois qu'il est nécessaire : il suffit de connaître les quatre règles et de manier un petit nombre de tables pour calculer une fonction explicite, si compliquée qu'elle soit. Sa valeur ne s'obtient pas directement, par une seule opération de calcul ; toutes les opérations indiquées par la formule s'exécutent l'une après l'autre. Des données, se déduisent directement certaines valeurs qui, à leur tour, servent d'arguments pour en calculer d'autres et on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait atteint la valeur finale. On détermine, dans chacune de ces opérations partielles, une certaine quantité en fonction d'une ou de deux autres connues à l'avance. Quelque chose de semblable peut s'observer en une machine industrielle quelconque : l'outil n'est pas directement monté sur le piston du moteur ; il lui est relié par une chaîne plus ou moins longue de mécanismes qui se transmettent le mouvement les uns aux autres. Nous dirons la même chose, avec plus de raison encore, des machines algébriques : les mobiles qui représentent des variables indépendantes entraîneront ceux qui leur sont directement reliés ; ceux-ci en entraîneront d'autres et ainsi successivement, jusqu'à ce qu'on arrive au déplacement final. Le système peut être considéré comme décomposé en un certain nombre de combinaisons élémentaires de mécanismes, et l'opération mécanique exécutée au moyen d'une de ces combinaisons consiste toujours à déterminer le déplacement d'un mobile en fonction des déplacements d'un autre ou de deux autres, dont les positions sont déjà déterminées.

L'analogie est évidente, quoique la priorité de quelques opérations, en relation avec d'autres, qui existe réelle-

ment dans les calculs numériques, soit d'ordre purement logique dans les calculs mécaniques ; elle répond à cette idée qu'il y a certains mouvements qui en produisent d'autres, mais en réalité, tous se produiront en même temps.

Tout se réduit donc à construire un nombre limité d'appareils élémentaires — un pour chacune des opérations qui s'exécutent dans les calculs numériques — et, comme je l'ai déjà démontré, cette construction est possible (1). En la répétant autant de fois qu'il sera nécessaire et en combinant ensuite ces appareils élémentaires en relation avec les indications de la formule qui exprime la valeur d'une fonction, cette fonction sera construite.

La concordance entre la formule et la machine sera parfaite, en pure théorie. Nous disposerons avec une entière liberté des variables indépendantes ; chacun de leurs arithmophores pourra être confié à un expérimentateur différent, qui le fera marcher à sa fantaisie, sans s'occuper aucunement des autres ; on mettra ainsi en mouvement la machine tout entière et la valeur signalée par l'arithmophore de la fonction variera avec toutes les autres et sera, dans chaque cas, celle qui correspond à cette fonction, étant données les valeurs simultanées des variables indépendantes.

V

Le calcul de fonctions implicites ou, ce qui revient au même, la résolution d'équations — problème hérissé de difficultés, dont l'algèbre ne peut venir à bout que dans quelques cas très simples — se résout de lui-même ou pour mieux dire ne se présente pas dans la théorie des machines algébriques.

(1) *Memoria sobre las Maquinas algebricas. Machines à calculer*, par M. L. Torres. Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut de France, tome XXXII. Paris, 1901.

Une équation exprime une certaine relation entre les variables ; la résoudre, c'est exprimer cette même relation sous une forme différente qui fait apparaître l'inconnue comme fonction explicite des données, et c'est précisément ce que nous ne savons pas faire. La machine n'exprime pas la relation, elle la construit ; elle donne naissance à la condition imposée et tant que subsistent les liaisons mécaniques qui l'établissent, elle se manifeste toujours sous la forme nécessaire et s'impose aux mouvements de la machine, quelles que soient les circonstances dans lesquelles ils se produisent.

On suppose dans ce raisonnement que les transmissions sont toutes réversibles, et il faut qu'il en soit ainsi nécessairement dans les machines idéales que nous considérons maintenant, et qui ne peuvent être sujettes ni au frottement, ni à des résistances passives d'aucune sorte. C'est seulement quand le rapport des vitesses entre deux mobiles deviendra infini ou indéterminé, que pourront se présenter des points morts et ce sont là des cas exceptionnels qui doivent se traiter séparément, comme les points singuliers des courbes et les valeurs critiques des fonctions.

Appliquons ce raisonnement à un exemple :

Supposons que nous ayons construit la fonction

$$z = f(a, b, c, \ldots x).$$

Si nous disposons des arithmophores a, b, c, ... x, en faisant varier arbitrairement les quantités qui y sont représentées, les liaisons mécaniques obligeront l'arithmophore z à marcher de telle façon que l'équation reste toujours satisfaite. Telle est l'hypothèse. La même machine sert également à calculer une variable quelconque, x, par exemple, en fonction de toutes les autres variables a, b, c, ... et de la fonction z.

Soient $a_1, b_1, c_1, \ldots z_1$ les quantités connues ; représentons dans l'arithmophore de chacune des variables a, b, c, ...

la valeur correspondante et fixons-le en cette position tant que durera le calcul. Faisons maintenant marcher l'arithmophore x ; l'arithmophore z marchera aussi et chaque fois que nous lirons sur ce dernier la valeur z_1, nous lirons sur le premier la valeur correspondante de la variable x. Mais cette méthode indirecte, et jusqu'à un certain point de tâtonnement, n'est pas la seule applicable. Si nous imaginons que toutes les quantités connues a, b, c, ... z varient d'une façon continue, à chaque instant correspondra, aux valeurs simultanées de ces variables, une certaine valeur de l'inconnue x implicitement déterminée par la formule construite.

Cette variation de toutes les quantités — connues et inconnues — ou une autre variation quelconque, compatible avec la formule, pourra être obtenue — nous venons de le voir — en faisant varier convenablement toutes les variables indépendantes a, b, c, ... x et en laissant la machine déterminer la valeur de la fonction z.

Pourrait-elle s'obtenir aussi en faisant varier la fonction et toutes les variables connues et en laissant la machine déterminer la valeur de l'inconnue x ? Évidemment oui, puisque le mouvement que nous désirons obtenir, étant, par hypothèse, le seul compatible avec les liaisons du système, se produira nécessairement — si les transmissions sont réversibles — quels que soient les mobiles choisis comme moteur, dès qu'on y appliquera les forces destinées à le provoquer.

En résumé, nous avons construit une équation entre la fonction et les variables dont elle dépend. Il n'est pas nécessaire d'établir une différence quelconque entre celles-ci et celle-là ; nous pouvons considérer comme inconnue la première ou une quelconque des dernières, et il suffira, pour la calculer mécaniquement, de donner, dans la machine, à toutes les autres variables, les valeurs particulières que nous voudrons leur attribuer.

Les mêmes raisonnements s'appliquent à un système

d'équations simultanées. Chacune d'elles exige que l'on établisse certaines liaisons entre les mobiles qui représentent les variables ; en établissant à la fois toutes les liaisons correspondantes à toutes les équations, ces équations seront construites.

Il est superflu de répéter ici les considérations qui viennent d'être exposées en traitant d'une seule équation, et l'on comprend que, lorsque ces équations sont multiples, nous pouvons prendre comme inconnues les variables qu'il nous conviendra de choisir (en nombre égal à celui des équations construites) et les calculer mécaniquement rien qu'en donnant dans la machine, à toutes les autres, les valeurs particulières qui leur correspondent.

VI

Les équations différentielles se construisent aussi sans difficulté, en utilisant les mécanismes employés dans la construction des planimètres ou intégrateurs.

Imaginons deux droites qui se coupent perpendiculairement et servent d'axes, l'une à un disque et l'autre à une roulette tangente au disque ; le disque est astreint à tourner autour de son axe, et n'admet aucun autre mouvement, tandis que la roulette peut tourner autour de son axe et glisser le long de celui-ci, en se rapprochant ou en s'éloignant du point d'intersection des deux droites. La roulette glissera, pendant ce mouvement, sur le disque, en marchant dans une direction radiale ; supposons le glissement possible dans cette direction et impossible dans n'importe quelle autre, de façon que les deux mécanismes soient parfaitement solidaires dans leurs mouvements de rotation. Telle est l'hypothèse ; elle doit se réaliser avec une exactitude absolue en théorie, et nous n'avons pas à nous préoccuper maintenant des moyens propres à la réaliser plus ou moins parfaitement dans la pratique.

Trois déplacements doivent être considérés dans cet appareil : l'angle décrit par le disque, l'angle décrit par la roulette et la distance de la roulette au centre du disque. Ce ne sont pas trois variables de la même catégorie ; si l'un des deux mécanismes tourne, l'autre tourne en même temps, mais la roulette peut marcher sur son arbre sans occasionner aucun mouvement de rotation ; les deux mouvements angulaires dépendent donc directement l'un de l'autre ; le mouvement de translation, au contraire, ne dépend pas plus des rotations qu'il ne peut les produire ; son effet se réduit à définir la dépendance qui existe entre les deux autres mouvements : la vitesse angulaire de la roulette, par rapport au disque, sera à chaque moment proportionnelle à sa distance au centre.

Nous avons donc représenté la variable indépendante x par le déplacement angulaire du disque ; la fonction y par le déplacement angulaire de la roulette ; et la dérivée y', c'est-à-dire le rapport de vitesse entre le mouvement qui représente la fonction et le mouvement qui représente la variable, par le déplacement de la roulette sur son arbre, ou par sa distance au centre du disque.

Pour construire une équation différentielle du premier ordre, $f(x, y, y') = 0$, il suffira de l'imposer, au moyen de nouvelles liaisons mécaniques, à ces trois déplacements.

Imposons-la et, partant d'une position choisie arbitrairement, faisons tourner le disque ; la roulette, entraînée par lui, tournera également, mais dans le mouvement de rotation du disque et de la roulette ; cette dernière, poussée par les liaisons établies en construisant l'équation $f(x, y, y') = 0$, marchera sur son arbre en déterminant automatiquement, à chaque moment, la dérivée y', ou la relation de vitesse en fonction des valeurs x, y.

Le mouvement est donc parfaitement déterminé et la même chose se produirait si nous disposions arbitrairement du mouvement de rotation de la roulette, en lui

laissant, bien entendu, la liberté de courir sur son arbre comme l'exigerait l'action des mécanismes.

Nous avons donc construit l'équation d'une certaine courbe $\varphi(x, y) = 0$, mais les liaisons mécaniques définies plus haut ne suffisent pas seules à la déterminer. Au moment de faire le montage des différentes pièces qui composent une machine algébrique, on peut placer tous les mécanismes dans une position quelconque, compatible avec les équations de condition; dans notre cas, il n'en existe qu'une et nous pourrons choisir arbitrairement les valeurs de x et y, à condition de donner à y' celle qui lui correspond suivant l'équation $f(x, y, y') = 0$.

En choisissant les valeurs initiales x_1, y_1, on détermine un point de la courbe, et il est clair qu'en général, si le point change, la courbe changera aussi.

L'appareil que nous sommes en train de considérer sert, on le voit, à construire *une intégrale particulière quelconque* de l'équation proposée.

L'intégrale générale ne peut se construire. Cette intégrale et l'équation différentielle dont elle provient déterminent une même famille de courbes; mais les deux expressions ne traduisent pas les mêmes relations et ne se rapportent pas aux mêmes quantités, parce qu'en intégrant on en introduit une nouvelle, la constante d'intégration, et cette façon de déduire de certaines relations entre des variables déterminées d'autres relations différentes entre des variables différentes aussi n'est pas une opération qui puisse être confiée à l'action automatique des mécanismes.

Nous ne pourrons donc construire l'intégrale générale d'aucune équation différentielle; mais, connaissant les valeurs particulières nécessaires, nous pourrons construire les intégrales particulières relatives à chaque cas, et cela quels que soient la nature et le nombre des équations différentielles. Chacune des dérivées qui y figurent se construira séparément au moyen d'une combinaison de

disques et roulettes, ou d'une autre analogue, et l'on établira ensuite entre les déplacements qui correspondent aux variables principales et aux dérivées, les liaisons nécessaires pour construire toutes les équations du système.

VII

Jusqu'à présent, nous avons parlé seulement de la manière de construire une racine ou un système de racines; mais une équation, ou un système d'équations, admettent, en général, plus d'une solution et même, très fréquemment, un nombre infini de solutions. Eh bien ! toutes ces solutions ou, pour le moins, plusieurs d'entre elles, quand elles sont en nombre infini, peuvent s'obtenir mécaniquement dans un cas quelconque.

Considérons-en d'abord un très simple pour fixer les idées.

Représentons deux quantités imaginaires z, w, chacune dans un arithmophore composé, comme je le disais en commençant, d'une règle qui tourne sur un plan et d'un coulisseau qui court le long de la règle ; relions mécaniquement les deux coulisseaux, en imposant une équation entre les valeurs simultanées de leurs déplacements ou, en d'autres termes, en faisant que les deux quantités représentées dépendent l'une de l'autre, et spécifions cette dépendance en supposant qu'en vertu de la condition mécaniquement imposée, w doive être égal à la racine carrée de z.

Cette supposition se traduit par deux conditions différentes : l'une (relative aux arguments) exige que le déplacement angulaire de la règle correspondant à la fonction w soit la moitié du déplacement angulaire de la règle correspondant à la variable z ; l'autre (relative aux modules) demande que la distance du coulisseau à l'origine, ou

zéro, soit, dans l'arithmophore w, égale à la racine carrée de la distance homologue dans l'arithmophore z.

Les relations mécaniques ainsi définies peuvent s'imposer de beaucoup de manières différentes, mais il ne nous convient pas maintenant de les étudier en détail ; il suffit à notre but de les supposer réellement imposées.

Considérons l'appareil construit et dans une position donnée ; faisons marcher l'arithmophore z de telle manière que le coulisseau parcoure une courbe fermée et revienne au point de départ. Quelle sera la position finale de l'autre arithmophore ? La distance du coulisseau au centre sera la même qu'au commencement ; mais on ne peut pas en dire autant de l'argument de la fonction. Celui de la variable revient, il est vrai, à la même valeur, mais ceci peut arriver de deux manières différentes : soit en faisant tourner la règle d'abord dans un sens et puis en sens contraire jusqu'à revenir à la position primitive ; soit en la faisant tourner toujours dans le même sens jusqu'à décrire la circonférence complète.

Dans le premier cas, la règle de l'arithmophore w reproduira, réduit de moitié, le mouvement alternatif de la variable : elle marchera d'abord dans un sens et puis en sens contraire pour revenir au point de départ ; nous retrouverons donc la même valeur particulière qu'avait la fonction w dans la position initiale de l'appareil. Dans le second cas, pendant que la règle de l'arithmophore z décrit une circonférence entière, la règle de l'arithmophore w décrit un arc de 180° et le coulisseau correspondant se trouvera à la même distance de l'origine qu'au moment de commencer le mouvement, mais dans une direction diamétralement opposée. Nous aurons représenté alors l'autre détermination de la racine de z.

Il suffit de réfléchir un moment pour comprendre que dans le premier cas, quand la règle oscille et revient à sa position initiale, le zéro de l'arithmophore z reste nécessairement en dehors de la courbe fermée décrite par le

coulisseau, tandis que dans le second, quand la règle tourne de trois cent soixante degrés, le zéro reste à l'intérieur de la courbe.

Et si nous voulions que la courbe passe par le zéro même ? Le mouvement serait impossible, parce que la dérivée de la fonction par rapport à la variable, c'est-à-dire la relation de vitesse entre les deux mobiles correspondants, deviendrait infinie quand la variable passerait par zéro. Si nous supposions les mécanismes idéaux de notre machine doués de masse, ainsi que les corps de la nature ; en d'autres termes, si nous leur imposions mécaniquement la loi de continuité, conséquence nécessaire de l'inertie qui empêche toute variation brusque des conditions du mouvement, nous passerions sans difficulté par le centre du disque, de même qu'on peut, en admettant l'existence de cette loi, déterminer analytiquement la marche de la fonction quand la variable passe par zéro. Mais le mouvement ne peut être déterminé par l'action des liaisons purement cinématiques ; et le point critique de la fonction sera fidèlement représenté, par un point mort, dans la machine.

L'appareil servira donc, comme nous venons de le voir, à obtenir les deux déterminations, en les représentant alternativement, tantôt l'une tantôt l'autre, à mesure que la variable tourne autour du point critique.

Ajoutons maintenant un nouvel arithmophore w' et relions-le à celui de la variable, en répétant les constructions mécaniques déjà exécutées, de façon que la quantité représentée ici soit aussi constamment égale à la racine carrée de la variable indépendante. Nous aurons ainsi représenté la variable par un seul arithmophore et la fonction par deux arithmophores différents ; on représentera sur chacun de ceux-ci, au moment de construire la machine, une des deux racines différentes qui correspondent à la valeur particulière que nous attribuerons à la variable. En vertu des considérations exposées il y a

un instant, les deux racines, simultanément représentées maintenant par l'appareil, se permuteront chaque fois que la variable fera un tour autour du point critique.

Une machine que j'ai construite (1) il y a quelque temps donne les deux racines d'un polynome du second degré et l'on peut y observer, avec une certaine imperfection due à des défauts d'ordre pratique, la permutation des racines et l'impossibilité de passer par les points critiques.

Il n'y a aucun inconvénient à généraliser le procédé. Pour représenter à la fois divers systèmes de racines d'un système donné d'équations simultanées, il suffit de répéter la même construction autant de fois qu'il sera nécessaire.

Pour nous rendre compte de la manière dont cette construction pourrait être réalisée, imaginons une machine en forme d'étoile ; plaçons au centre un groupe d'arithmophores (un pour chaque variable indépendante) et, rangés en cercle autour de lui, plusieurs autres groupes identiques, dans chacun desquels il y aura un arithmophore pour chacune des inconnues ; enfin relions idéalement le groupe central à chacun des autres par une ligne qui doit représenter, dans notre schéma, l'ensemble des mécanismes nécessaires pour construire le système d'équations.

On répète ainsi la construction de ces dernières autant de fois que l'étoile a de rayons et, à l'extrémité de chacun des rayons, on peut représenter un système de racines différent.

Nous pourrons faire marcher arbitrairement tous et chacun des mobiles du groupe central ; les autres — entraînés par eux — marcheront aussi, et à chaque moment nous aurons représenté, à l'extrémité de chacun des rayons, un système de racines correspondant aux valeurs simultanées des données.

(1) *Sur la construction des Machines algébriques*, par M. L. Torres, Revue de Mécanique, septembre-octobre 1901.

VIII

Cette analogie parfaite entre les machines ou systèmes mécaniques et les formules algébriques permet toujours de donner une forme sensible à toute sorte de relations analytiques, et l'on peut en profiter parfois dans l'exposé de théories mathématiques.

Il n'est personne qui méconnaisse l'utilité des exemples pour rendre plus claire l'explication des idées abstraites. La Géométrie les fournit presque toujours et très adéquats, mais parfois elle s'y refuse. La figure géométrique, fixe et indéformable, ne peut, en effet, se prêter, sans qu'on ne recoure à certains artifices, à la représentation de relations entre quantités variables ; aussi est-on amené souvent à supposer que les figures varient suivant certaines lois, ce qui revient, en somme, à admettre mon idée, car ces figures variables peuvent être considérées comme des systèmes mécaniques idéaux. A mon avis, on devrait recourir plus fréquemment et d'une manière systématique à cette sorte d'exemples.

Ils seraient, en général, plus suggestifs que les exemples géométriques et se prêteraient de la même façon au raisonnement mathématique, puisque les systèmes mécaniques que nous imaginons, composés de corps indéformables, doués de figures géométriques exactement définies, sans aspérités qui produisent des frottements, sans imperfections d'aucune espèce, n'existent point et ne peuvent point exister en dehors de notre imagination ; ils sont, en vérité, des êtres de raison conformes en tout à la définition que nous en avons donnée et il est permis, dès lors, d'affirmer, avec une certitude mathématique, toutes les conséquences qui peuvent être tirées logiquement de leur définition. Un système mécanique pourra donc, de même qu'une figure géométrique, servir d'appui et de guide au raisonnement mathématique pour faciliter aux commençants la

compréhension intuitive de certaines démonstrations, sans laisser pour cela de les exposer plus tard sous une forme plus abstraite, quand cela serait nécessaire.

De même que les êtres géométriques se représentent par des dessins et des figures en relief, ainsi, pour définir avec une entière clarté les êtres cinématiqnes, les machines ou les systèmes mécaniques idéaux que nous voudrons faire fonctionner mentalement, nous recourrons d'ordinaire à leur représentation graphique; mais il ne sera pas inutile parfois de les construire afin d'obtenir une réalisation matérielle suffisante, bien que grossière, des faits ou des lois que l'on veut mettre en évidence. En choisissant avec discernement les exemples, il ne serait pas nécessaire d'avoir des appareils très compliqués ; un simple système articulé m'a servi récemment pour construire une fonction à deux déterminations avec deux points critiques ; à ceux-ci correspondent dans le système deux points morts, et l'on observe la permutation des racines chaque fois que la variable décrit une courbe fermée comprenant un quelconque de ces points (1).

La fonction construite n'est pas monogène, mais cela n'a aucune importance, dans le cas que nous considérons. Il serait également facile de construire — en n'exigeant pas qu'elles fussent monogènes — des fonctions simples ou doublement périodiques et peut-être d'autres encore présentant des particularités intéressantes.

IX

Il me reste à dire quelques mots à propos des applications aux calculs usuels. Je ne m'occuperai absolument pas des arithmomètres et planimètres — parmi lesquels

(1) *Sur l'Utilité des Exemples cinématiques dans l'exposition des théories mathématiques*, par M. L. Torres, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE, t. XXIX; 1901.

se rencontrent des appareils très ingénieux et d'une incontestable utilité ; ils n'entrent pas dans mon étude des machines destinées à calculer des formules algébriques.

Nombreuses, ai-je dit en commençant, sont les solutions proposées ; mais dans aucun cas, que je sache, on n'a examiné leurs conditions pratiques. Dans la pensée des inventeurs la seule difficulté, semble-t-il, consiste à imaginer une solution théorique ; en réalité, la question n'est pas là ; il y a toujours théoriquement, comme nous venons de le voir, une infinité de manières de construire une équation ou un système d'équations ; les difficultés sont purement pratiques. Elles proviennent de la grande complication, parfois nécessaire, des mécanismes, et surtout de la grande amplitude des variations auxquelles sont sujettes les variables.

J'ai exposé dans les mémoires cités plus haut, les conditions que doivent nécessairement réunir les machines à calculer pour que les difficultés pratiques puissent être vaincues d'une façon satisfaisante. Je vais les résumer.

Il y en a trois principales :

1° Employer des arithmophores logarithmiques, dans lesquels le déplacement est proportionnel, non à la variable représentée, mais à son logarithme. Cette considération est absolument nécessaire pour représenter sous une forme adéquate des variables qui oscillent entre des limites très étendues ; de plus, quand on recourt à ce procédé de représentation — comparable aux procédés d'anamorphose employés en géométrie — les équations entre les déplacements ne sont pas celles qui existent entre les variables, mais celles qui relient leurs logarithmes ; or, ces dernières se construisent beaucoup plus facilement dans des cas très importants, parmi lesquels figurent tous les cas relatifs aux fonctions algébriques.

2° Renoncer aux transmissions par contact, qui se prêtent à l'accumulation des erreurs et aux erreurs grossières occasionnées par les glissements, pour recourir

toujours aux liaisons géométriques dont l'action, dépendant seulement de la forme des mécanismes, se produit nécessairement, tant que ces mécanismes ne se rompent ou ne se déforment pas.

3° Admettre seulement des mécanismes sans fin ou qui puissent pratiquement jouir de cette qualité, afin de pouvoir représenter les variables à une échelle assez grande, sans limiter l'amplitude de leurs variations.

On peut, en respectant ces trois conditions, construire un système quelconque d'équations algébriques, comme je l'ai fait voir dans les mémoires déjà cités ; mais il faudra en pratique s'en tenir à des cas relativement simples, pour éviter la complication excessive des mécanismes. Il est absolument impossible de dire exactement quels seront ces cas, et je me limiterai à quelques indications sommaires sur une machine destinée au calcul des fonctions algébriques dont les principes sont exposés dans la note *sur la Construction des Machines algébriques* citée plus haut.

Pour préciser quelle pourrait être l'utilité de cette machine ou d'une autre quelconque, il est nécessaire de répondre à ces trois questions :

Quelles sont les formules qui peuvent se calculer avec l'appareil ?

Quelles sont les limites imposées aux variables ?

Quelle sera l'erreur commise dans les calculs ?

Je répondrai simplement, sans raisonner les réponses, dont la justification exigerait la description et la discussion détaillée du projet.

Dans l'appareil on construit une fonction α :

$$\alpha = \frac{A_1 x^{m_1} + A_2 x^{m_2} + A_3 x^{m_3} + A_4 x^{m_4} + A_5 x^{m_5}}{A_6 x^{m_6} + A_7 x^{m_7} + A_8 x^{m_8}}$$

Le numérateur a cinq termes, et le dénominateur en a trois ; on ne peut pas augmenter leur nombre, mais il est

facile d'en supprimer autant que l'on veut ; j'indiquerai plus loin la manière de le faire.

Les coefficients A_1, A_2,... A_8, de même que la variable indépendante x et la fonction α, sont traités comme variables dans le sens propre du mot ; chacun d'eux est représenté par un arithmophore et les liaisons établies entre ces arithmophores font que les valeurs simultanément représentées par l'ensemble satisfont à l'équation.

Les exposants peuvent être positifs ou négatifs, entiers ou fractionnaires, et on peut les faire varier, quand il faut passer d'une formule à une autre, en introduisant de légères modifications dans les liaisons, en démontant quelques pièces et en en montant à leur place d'autres analogues ; grâce aux dispositions adoptées, le changement se fait avec commodité et rapidité.

On pourrait donc construire, grâce à cet appareil, presque toutes les fonctions algébriques qui se présentent dans les applications courantes.

Il peut servir aussi à calculer les racines réelles d'une équation algébrique. Pour cela, nous écririons tous les termes positifs du premier membre au numérateur et les termes négatifs au dénominateur, ou inversement ; nous construirions la fraction ainsi obtenue ; nous donnerions des valeurs particulières aux coefficients et nous ferions marcher l'arithmophore x ; la valeur qui correspondrait à cette variable chaque fois que α passe par la valeur *un*, serait une racine positive de l'équation, puisque, quand son premier membre est nul, la somme des termes positifs doit égaler celle des termes négatifs.

Nous changerions ensuite le signe de tous les monomes de degré impair, nous construirions l'équation qui en résulterait et nous calculerions ses racines positives, égales nécessairement, en valeur absolue, aux racines négatives de l'équation proposée.

Les arithmophores logarithmiques ne peuvent représenter la valeur zéro, ni aucune valeur négative, mais

chacune des variables de notre appareil pourra osciller entre deux limites positives aussi étendues que l'on voudra. On pourra donc représenter dans les arithmophores des quantités qui s'expriment par vingt, trente ou un plus grand nombre de chiffres, de même que leurs inverses, des valeurs enfin si grandes et si petites qu'elles n'apparaissent jamais dans les calculs usuels.

Pour supprimer pratiquement un terme, nous donnerions à son coefficient une valeur excessivement petite et de cette façon le monome en question se transformerait en une quantité négligeable, par rapport à tous les autres.

Quel serait le degré d'exactitude des calculs ?

Cette dernière question est la plus difficile à élucider. La réponse dépend de certaines données pratiques qui ne peuvent se déterminer qu'expérimentalement. Je ne puis rien affirmer sur ce point en parfaite connaissance de cause, mais je crois pouvoir dire que l'erreur relative commise en calculant mécaniquement la valeur α ne dépassera pas trois ou quatre centièmes et il me semble possible de réduire beaucoup cette limite, en construisant l'appareil avec toute la précision possible et en le maniant avec soin.

Pour le calcul d'une racine, la question devient plus complexe : l'erreur est, dans ce cas, très variable, parce qu'elle dépend de la nature même de l'équation ; elle croîtra ou décroîtra en même temps que la dérivée de x par rapport à α.

De toutes façons, le calcul mécanique donnera souvent toute l'exactitude désirable, parce que fréquemment, dans leurs problèmes, le physicien, l'ingénieur et beaucoup d'autres encore, ne disposent que de données entachées d'erreurs importantes ou de formules qui n'expriment pas avec une entière fidélité les lois qu'elles sont destinées à représenter ; et il serait illusoire dans de pareils cas de prétendre atteindre à une grande exactitude, en prolon-

geant les opérations numériques jusqu'à obtenir de longues séries de chiffres.

Enfin, quand il s'agit de calculs qui doivent être très exacts, la machine peut encore rendre de réels services. Elle donnera une première valeur approximative et ceci économise, presque toujours, la plus grande partie du travail, bien qu'il faille, pour compléter ses indications, achever les calculs en recourant aux procédés ordinaires.

Toutes les combinaisons mécaniques nécessaires dans cet appareil ont été essayées, et il n'est pas à craindre que leur construction présente des difficultés sérieuses.

D'autres applications pratiques pourraient être considérées ; mais je crois inutile d'y insister : mon but était seulement de faire comprendre comment on peut profiter de l'analogie qui existe entre les machines et les formules pour construire, dans certains cas, des machines à calculer susceptibles d'applications pratiques.

L. Torres.

LA LANGUE INTERNATIONALE

La question de la langue internationale préoccupe en ce moment un grand nombre d'excellents esprits, et des efforts sérieux sont tentés, dans le monde scientifique, commercial et industriel, pour en donner une solution pratique.

Sans vouloir prendre parti dans les débats que soulève une entreprise, à coup sûr fort intéressante mais très discutée, la Rédaction de la Revue a pensé qu'elle serait agréable à ses lecteurs en leur présentant un exposé suffisamment complet du problème, des solutions préconisées et des difficultés qu'elles soulèvent.

Cet article aura deux parties.

Dans la première, nous résumerons le suggestif aperçu publié par l'un des partisans les plus autorisés de la langue internationale, M. L. Couturat, professeur à l'Université de Toulouse (1). Nous nous écarterons le moins possible du texte même de l'auteur; s'il nous arrive de devoir y ajouter quelques lignes, nous les rejetterons en note.

Dans cette brochure, M. L. Couturat " appelle la discussion " des idées qu'il défend. Nous avons prié l'un de nos collaborateurs, que ses études et ses connaissances linguistiques désignaient tout spécialement à notre choix, de se charger de cette discussion. C'est le travail qu'il a bien voulu nous envoyer qui forme la seconde partie de cet article.

(N. D. L. R.)

(1) *Pour la Langue internationale.* Coulommiers, Paul Brodard, 1901.

PREMIÈRE PARTIE

Les relations internationales, qui vont s'étendant et se multipliant sans cesse, font sentir de plus en plus vivement le besoin d'un organe commun; car le principal obstacle, sinon le seul, qu'elles rencontrent désormais, est la diversité des langues.

Dans les Sciences notamment, pour quiconque veut « se tenir au courant », il est de plus en plus nécessaire de suivre le mouvement des idées dans tous les pays; et il est de plus en plus impossible de le faire, en raison du nombre toujours grandissant des peuples qui y prennent part. On comprend donc que plusieurs Congrès internationaux, comme ceux qui se sont tenus à Paris en 1900, et quelques Sociétés savantes, aient exprimé le vœu de voir adopter une *langue internationale*. Les délégués de ces Congrès et Sociétés ont adopté, dans ses grandes lignes, le plan d'action proposé par l'un d'eux, M. Léau, docteur ès sciences, délégué de la *Société philomathique de Paris;* ils ont rédigé en commun une *Déclaration* qui détermine les conditions que la future langue internationale devra remplir et fixe la marche à suivre pour la réaliser. C'est ce programme que nous allons exposer et développer (1).

(1) Voici le texte de cette *Déclaration* :

1° Il y a lieu de faire le choix et de répandre l'usage d'une langue auxiliaire internationale, destinée, non pas à remplacer dans la vie individuelle de chaque peuple les idiomes nationaux, mais à servir aux relations écrites et orales entre personnes de langues maternelles différentes.

2° Une langue auxiliaire internationale doit, pour remplir utilement son rôle, satisfaire aux conditions suivantes :

1re Condition. — Être capable de servir aux relations habituelles de la vie sociale, aux échanges commerciaux et aux rapports scientifiques et philosophiques ;

2e Condition. — Être d'une acquisition aisée pour toute personne d'instruction élémentaire moyenne et spécialement pour les personnes de civilisation européenne ;

3e Condition. — Ne pas être l'une des langues nationales.

Tout d'abord, pour éviter tout malentendu, nous tenons à déclarer qu'il ne s'agit nullement d'une *langue universelle, destinée à supprimer et à remplacer tôt ou tard les langues nationales ;* mais bien d'une *langue internationale auxiliaire*, destinée « à servir aux relations *écrites* et *orales* entre personnes de langues maternelles différentes » ... J'ajoute une condition bien naturelle et plus nécessaire qu'on ne croit : on devra pouvoir *parler* et *entendre* la L. I. dès qu'on saura l'*écrire* et la *lire* couramment. En effet, on aura beaucoup moins d'occasions de la parler que de l'écrire ; et tout le travail intellectuel dépensé pour apprendre à l'écrire deviendrait inutile, s'il fallait un nouvel apprentissage pour l'usage *oral*. Cette condition exclut, par exemple, toute langue *idéographique*, analogue au chinois.

La L. I. devra pouvoir servir : 1° aux *savants de tout*

3° Il convient d'organiser une Délégation générale représentant l'ensemble des personnes qui comprennent la nécessité ainsi que la possibilité d'une langue auxiliaire et qui sont intéressées à son emploi. Cette Délégation nommera un Comité composé de membres pouvant être réunis pendant un certain laps de temps.

Le rôle de ce Comité est fixé aux articles suivants.

4° Le choix de la langue auxiliaire appartient d'abord à l'Association internationale des Académies, puis, en cas d'insuccès, au Comité prévu à l'article 3.

5° En conséquence, le Comité aura pour première mission de faire présenter, dans les formes requises, à l'Association internationale des Académies, les vœux émis par les Sociétés et Congrès adhérents, et de l'inviter respectueusement à réaliser le projet d'une langue auxiliaire.

6° Il appartiendra au Comité de créer une Société de propagande destinée à répandre l'usage de la langue auxiliaire qui aura été choisie.

7° Les soussignés, actuellement délégués par divers Congrès et Sociétés, décident de faire des démarches auprès de toutes les Sociétés de savants, de commerçants et de touristes, pour obtenir leur adhésion au présent projet.

8° Seront admis à faire partie de la Délégation les représentants de Sociétés régulièrement constituées qui auront adhéré à la présente Déclaration.

Cette *Déclaration* a été signée primitivement par les délégués du *Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, du *Congrès de l'Histoire des Sciences*, du *Congrès international de Philosophie*, du *Congrès international de Sociologie* et de la *Société Philomathique de Paris*. Elle constitue le programme des délégués d'un nombre toujours croissant de Sociétés.

ordre, en comprenant sous ce terme les philosophes, les juristes, les médecins, les ingénieurs, les historiens, les érudits, bref, tous les hommes d'étude; 2° aux *industriels* et aux *commerçants*; 3° aux *voyageurs* et aux *touristes*. Cette exigence est *absolument nécessaire*. La L. I. ne doit donc pas être une langue *technique* et *aristocratique*, réservée à quelques initiés, mais une *langue usuelle et quotidienne*, qui puisse servir aussi bien dans les hôtels et dans les gares que dans les Sociétés savantes et les Congrès. En un mot, *elle doit avoir les mêmes usages et le même domaine que chacune de nos langues nationales* (1).

La solution qui se présente la première à l'esprit, consiste à choisir comme L. I. une des langues actuellement *vivantes*. Mais c'est là, en réalité, une solution irréalisable. Il est *impossible*, en effet, que tous les peuples se mettent d'accord pour adopter la langue de l'un quelconque d'entre eux. Un tel choix se heurterait non seulement à l'amour-propre légitime des diverses nations, mais encore à leurs intérêts politiques et économiques.

Ajoutons qu'aucune langue *nationale* ne peut prétendre à une supériorité marquée sur toutes les autres ; aucune ne possède la simplicité, la régularité et la perfection idéales.

Puis donc que toute entente internationale est manifestement impossible sur ce point, il faut que, dans leur

(1) A l'exclusion, sans doute, du domaine *littéraire* proprement dit. Les Sciences mathématiques, physiques, naturelles, la métaphysique, le droit, la théologie d'une part, le commerce et l'industrie d'autre part, emploient surtout les mots dans leur sens abstrait, général, partiellement conventionnel et par suite très précis et à peu près invariable. La psychologie, la littérature, l'art, tout ce qui touche de près ou de loin à la vie affective, morale, esthétique de l'homme, emploient les mots surtout dans leur sens concret, particulier et éveillant une foule d'images et d'idées apparentées ou voisines. La langue internationale, considérée comme *langue littéraire*, n'échapperait pas à une évolution destructive. Mais doit-on craindre qu'un grand écrivain abandonne sa langue maternelle pour écrire en Volapük ou en Esperanto un drame, une épopée ou même un roman ? Dante admirait autant que personne le latin de la *Somme théologique*, mais il a écrit la *Divine Comédie* en italien.

intérêt commun, tous les peuples renoncent à des prétentions injustifiables et adoptent une langue *neutre*.

Une autre solution a fait l'objet d'un vœu du *Congrès des mathématiciens*. Elle consisterait à réduire à *cinq* ou *six* le nombre des langues nationales employées dans la science (et sans doute aussi dans le commerce). Mais quelle autorité aura qualité pour choisir ces cinq ou six langues privilégiées, et surtout pour exclure toutes les autres ? Lors même que cette décision aurait été prise, qui aurait le pouvoir de la faire exécuter ? Admettons, contre toute vraisemblance, que cette solution s'impose à la longue, par la « force des choses ». Tous les peuples (j'entends la partie instruite) seraient alors condamnés à apprendre cinq ou six langues non seulement différentes, mais tout à fait hétérogènes, dont chacune exige des années d'étude et d'exercice. Pour se tenir au courant des travaux scientifiques qui les intéressent, les savants devraient être tous polyglottes.

Il y a bien le secours des traductions, dira-t-on ; mais est-ce qu'on traduit dans les principales langues tout ce qui paraît d'intéressant dans l'univers, je ne dis pas en littérature, mais en science ? A la bonne heure s'il existait une L. I. et que *les traductions se fissent en cette langue*. Et c'est là un des avantages d'une langue *unique* et *commune* à tous les peuples (1).

Reste donc le choix d'une langue *neutre*.

La première solution qui vient à l'esprit des savants, et surtout des lettrés, consiste à adopter le *latin* qui fut jadis la langue universelle du monde savant. Mais, d'abord, le latin prête le flanc aux objections que nous avons adressées plus haut à une langue *savante* en général. On ne saurait trop le répéter, la L. I. *n'est pas des-*

(1) La L. I. rendrait alors des services moins importants, mais analogues à ceux du *latin* autrefois. N'a-t-on pas traduit en latin, pour les faire connaître davantage, l'*Hydrostatique* (écrite en flamand) de S. Stévin ; le *Dialogho* de Galilée ; la *Géométrie* de Descartes ; les *Optics* de Newton ?...

tinée aux seuls savants ; elle doit être accessible à toute personne d'instruction moyenne, en particulier à ceux qui ne savent que leur langue maternelle, aux adultes et aux femmes. On doit donc pouvoir l'apprendre seul et sans maître. Or, aucune de ces conditions n'est remplie par le latin. Il n'a qu'un seul avantage sur les langues vivantes : c'est d'être une langue *neutre*. Mais il a en revanche un désavantage énorme : c'est d'être une langue *morte ;* sa structure et son vocabulaire correspondent à un état de civilisation passé et irrévocablement dépassé.

S'il fallait choisir une langue morte, nous opterions pour le *grec*, qui se prête bien mieux à la formation des mots nouveaux et auquel sont empruntés déjà tant de termes techniques. Mais nous nous retrouverions en face de toutes les difficultés que soulève le choix d'une langue *savante*.

Tout ce qu'on peut dire en faveur du latin et du grec, c'est que, ces deux langues ayant fourni les *racines* de la plupart des mots scientifiques, il convient que la L. I. leur emprunte son *vocabulaire scientifique*, d'autant qu'un tel vocabulaire est déjà en grande partie international.

Si l'on écarte les langues mortes, on a encore le choix entre deux genres de solutions : les langues *philosophiques* et les langues *artificielles*. Les langues philosophiques prétendent être des incarnations de la logique et des instruments de la pensée. Le nom de chaque chose exprimerait symboliquement sa nature et traduirait sa définition. M. Couturat montre très bien — et nous croyons inutile d'y insister — qu'une langue philosophique est *irréalisable* dans l'état actuel des sciences ; fût-elle réalisée, elle serait *impraticable* même pour les savants, parce qu'elle irait au rebours de la fin de tout langage et de tout symbolisme, et paralyserait la pensée au lieu de l'aider.

Il ne reste donc plus qu'un parti : c'est d'adopter une langue *artificielle*. Mais il faut s'entendre sur cette épi-

thète d'*artificielle*. Il ne s'agit pas de créer de toutes pièces une langue entièrement nouvelle, sans tenir compte des langues vivantes. Il est trop clair qu'un vocabulaire dont la plupart des mots n'appartiennent à aucun idiome connu et n'évoquent aucune analogie avec nos langues serait impossible à apprendre et à retenir ; il faudrait avoir sans cesse le dictionnaire à la main pour parler ou même pour écrire.

La L. I. ne peut réussir que si elle se rapproche autant que possible de nos langues nationales par son vocabulaire. Or, il existe déjà, en réalité, un vocabulaire international beaucoup plus riche et plus étendu qu'on ne croit. En premier lieu, la plupart des termes scientifiques et techniques, généralement empruntés au latin et au grec, sont les mêmes dans toutes les langues européennes : on ne peut assurément songer à en choisir d'autres. Un grand nombre de mots usuels et même vulgaires sont aussi communs à toutes les langues européennes. Il est clair qu'ils appartiennent *ipso facto* à la L. I. D'autres mots sont communs à trois langues au moins, notamment à l'anglais, à l'allemand et au français. Il est naturel de les adopter de préférence à tous autres, pour désigner les idées correspondantes. Ainsi il existe un vocabulaire entièrement ou partiellement international déjà considérable ; il doit nécessairement fournir le noyau du vocabulaire de la L. I. Il suffit de le compléter en adoptant pour chaque idée le radical le plus international, c'est-à-dire commun au plus grand nombre de langues, à deux au moins, et ces mots sont extrêmement nombreux. Pour les idées qui sont traduites dans toutes les langues par des mots différents, on emprunterait les radicaux aux principales langues européennes, ou anciennes, en choisissant les plus courts, les plus distincts et les plus harmonieux.

Nous avons jusqu'ici parlé de *radicaux* : c'est qu'en effet, pour qu'une langue soit simple et aisée à apprendre, il faut autant que possible réduire au minimum le nombre

des mots primitifs, dont le sens conventionnel est à retenir de mémoire. Par suite, on devra pouvoir former le plus grand nombre possible de mots *dérivés* et de mots *composés* suivant des règles absolument générales et uniformes. Pour la formation des mots dérivés il suffira d'une *trentaine* d'affixes empruntés, eux aussi, aux différentes langues vivantes ou mortes. Pour la formation des mots *composés*, la L. I. devra présenter les mêmes facilités que le grec et l'allemand, par exemple, et procéder suivant les mêmes règles.

Les diverses « parties du discours » seront distinguées par la forme même des mots, de sorte qu'on reconnaîtra à première vue ou à la simple audition un substantif et un verbe, un adjectif et un adverbe, etc.

Quant à la *grammaire* et à la *syntaxe*, elles devront être réduites au strict nécessaire ; et l'on ne se doute pas à quel degré de simplicité et de régularité, inconnu de nos langues, elles peuvent se ramener.

Enfin, l'*orthographe* sera rigoureusement phonétique, ou la *prononciation* absolument conforme à l'écriture : toutes les lettres se prononceront, chacune d'elles aura toujours le même son, quelle que soit sa place dans le mot et quelles que soient ses voisines.

On objecte que la L. I. ne pourra pas rendre les *idiotismes*, les tournures et les métaphores de chaque langue vivante. — Mais aucune langue étrangère non plus n'est capable de les rendre. On en sera quitte pour leur substituer un *équivalent non figuré* : le pittoresque et l'esprit y perdront peut-être ; la logique et la clarté y gagneront.

En dehors des idiotismes, il y a une foule de *nuances* et de *finesses* propres à chaque langue qui ne pourront pas non plus passer dans la L. I. — Peuvent-elles mieux passer dans une langue étrangère quelconque? D'ailleurs, si ces nuances répondent vraiment à une distinction logi-

que ou commode, rien n'empêchera de ménager leur transport dans la L. I.

Enfin, on objecte le *défaut de concordance des concepts qui se correspondent en apparence entre les différentes langues, et même des sens qu'elles attribuent au même mot.* — Nous reconnaissons cet inconvénient, qui rend les traductions si difficiles et si imparfaites. Mais, encore une fois, ce n'est pas là un défaut propre à la L. I. Bien plus, si cet obstacle inhérent à la diversité des langues peut être surmonté, dans une certaine mesure, c'est par la L. I. qu'il le sera. En effet, le sens des mots pourra y être rigoureusement défini ; les sens divers de nos vocables pourront être dissociés et représentés par des mots différents, de manière à éviter toute équivoque ; et surtout on pourra les dépouiller des associations d'idées nées de l'usage populaire qui en compliquent et en dénaturent le sens. Et puis, il ne faut pas oublier que la L. I. est surtout destinée aux usages scientifiques et commerciaux. Or le propre d'un concept scientifique ou technique, c'est d'être le même pour tous les esprits : sans quoi il ne serait pas objectif et vraiment scientifique.

D'ailleurs, les vocabulaires techniques de chaque science devront être élaborés par des commissions spéciales, qui fixeront le sens de chaque mot et du même coup définiront avec précision les concepts correspondants (1).

A l'idée d'une langue artificielle on objecte souvent que *les langues sont un produit spontané de l'esprit populaire et ne peuvent se créer par décret ou par convention.* — Mais c'est une induction illégitime qui érige un fait historique en une loi nécessaire. En fait, il existe déjà des systèmes de signes internationaux, les chiffres, les for-

(1) N'a-t-on pas fait quelque chose d'analogue dans le passé, pour des domaines plus ou moins étendus ? Aristote a fixé la langue grecque de la *philosophie ;* les grands scolastiques, le *latin métaphysique* et *théologique ;* Linné, la langue de la *botanique ;* Lavoisier, celle de la *chimie ;* les savants du XIXe siècle, celle du *système C. G. S.* etc.

mules chimiques, les notes de musique, les signaux maritimes,... qui tous sont conventionnels et pourtant deviennent, pour ceux qui les pratiquent journellement, l'expression immédiate et spontanée de leur pensée. L'induction précédente manque donc de base ; en réalité, elle n'a aucune valeur scientifique et logique, car elle se réduit à ceci : « cela ne s'est jamais fait. »

On objecte enfin l'*impossibilité de faire adopter une langue conventionnelle par une entente internationale.* — Ici encore nous répondrons par des faits. Outre les systèmes de signes déjà cités, la numération décimale, la division du cercle et du temps, le système métrique, le calendrier grégorien, etc., sont autant d'institutions internationales que leur utilité ou leur commodité ont fait adopter par toutes ou presque toutes les nations.

Reste à savoir si l'entente, possible et désirable, naîtra d'un accord spontané ou d'une décision d'autorité. Sans doute, elle peut s'établir *à la longue*, par la propagande des divers projets de L. I. et par leur concurrence naturelle, qui ferait triompher à la fin la plus commode et la plus facile. Mais en procédant ainsi, au lieu de détruire la confusion, on en aurait créé une autre, plus indestructible encore, car aucune des L. I. rivales ne voudrait céder aux autres et reconnaître son infériorité. Il ne faudrait rien moins qu'un arbitrage et une décision souveraine pour résoudre ce conflit, et encore n'y réussirait-on peut-être pas.

Il vaut mieux recourir à cet arbitrage alors que les adeptes de telle ou telle L. I. ne forment encore qu'une infime minorité dans l'ensemble des intéressés.

Il y a donc lieu de distinguer nettement deux questions : la *question de principe* et la *question du choix*. Nous ne posons à présent que la première. Que demandent, en somme, les intéressés ? Une L. I. *pratique*, mais surtout *unique*. Il faut donc remettre le *choix* à une institution *internationale* qui ait la compétence et l'autorité néces-

saires, afin que sa décision s'impose et mette tout le monde d'accord.

Or, il existe une telle institution : c'est l'*Association internationale des Académies*, fondée en 1900. C'est elle qu'il convient de prendre pour arbitre. Si elle refusait de se charger du choix désiré, c'est le *Comité* élu par la *Délégation* qui s'en chargerait.

Il dépend de chacun de prêter son concours à la *Délégation* et de hâter ainsi cette grande réforme, qui marquera dans l'histoire de l'humanité une époque comparable à celle de l'invention de l'imprimerie, et qui contribuera puissamment aux progrès de la science et de la civilisation.

DEUXIÈME PARTIE

Le nombre croissant des langues vivantes dont l'étude devient indispensable à des titres divers, est une façon de péril jaune dont il n'est que trop légitime de s'inquiéter. Il a déjà créé une situation assez grosse d'embarras pour que les chercheurs préoccupés d'y trouver un remède méritent d'être accueillis avec sympathie, même lorsque leurs explorations semblent côtoyer les frontières du Royaume d'Utopie. Aussi y aurait-il mauvaise grâce à écarter par une simple fin de non-recevoir l'initiative de la *Délégation pour l'adoption d'une langue auxiliaire internationale*, surtout après qu'elle a recueilli d'aussi importantes adhésions que celles de MM. Léau, Couturat, Laisant et de vingt-quatre membres, au moins, de l'Institut de France.

La Société scientifique de Bruxelles, répondant au referendum du Comité de propagande, a déjà inscrit l'examen du projet à l'ordre du jour de ses deux dernières sessions. L'historique et l'opportunité de la question ont fait l'objet d'une intéressante communication de M. le

professeur Mansion, à l'assemblée générale de la Société, le 30 janvier dernier. Afin d'associer à ces débats les lecteurs de la Revue, nous nous proposons de présenter ici quelques observations sur le fond du projet, tel qu'il nous est soumis par le manifeste émanant de la *Délégation*.

La sincérité nous oblige à dire tout de suite qu'elles ne seront pas empreintes de cet optimisme confiant dont il faut être largement pourvu pour tenter de changer le fond même de la nature humaine. Mais l'entreprise qui se prépare n'est pas de celles où un échec ne compromettrait rien. Et ceux qui ont foi dans le succès préféreront sans doute être avertis au préalable des difficultés de leur tâche, plutôt que de les remarquer en cours d'exécution, pour la grande joie des prophètes de malheur. Fort de cette bonne intention, nous acceptons le danger de passer pour un revenant de Babel, intéressé à semer le désarroi et la défiance parmi les travailleurs qui se mettent d'accord pour réparer les suites de cette déplorable aventure.

I

Tout d'abord, *les conditions mêmes où s'établit cet accord semblent d'un mauvais augure pour le succès de l'entreprise.*

Trop de gens y sont convoqués, trop et pas assez. Trop de monde : cela ne veut pas dire que les titres de compétence sont trop bénévolement supposés. Avec l'idée qu'ils se font de leur affaire, les organisateurs sont libres d'éconduire sans façons le pédant qui leur proposerait d'établir un tourniquet à l'entrée des travaux, pour n'admettre que des adhérents justifiant au moins de connaissances élémentaires en psychologie du langage. La précaution serait superflue, puisqu'il est entendu que la voix délibérative des survenants ne porte que sur la question d'opportunité, et, subsidiairement, sur le choix de

l'organe auxiliaire à mettre en circulation. Les énormes difficultés qui hérissent la question préalable seront résolues, ou plutôt le sont déjà, par le Comité. Les ennuis de la fabrication sont à la charge d'hommes compétents. Pour que le grand œuvre réussisse, il ne faut plus que l'union des bonnes volontés, et c'est ce que le referendum tend à produire. — Parfait ; mais quand il s'agit d'une entreprise qui aura presque la durée d'une période géologique et n'aboutira qu'à la condition que *le plus parfait accord subsiste*, d'autres procédés sont requis que ceux qui suffisent à préparer un mouvement plébiscitaire. Quand on n'a d'autre ambition que de créer un courant d'opinion qui fera son œuvre en un jour ou en une heure, par un vote, par une manifestation, par une émeute, par une pression momentanée exercée sur le pouvoir ou l'esprit public, toute adhésion est précieuse d'où qu'elle vienne : chaque tête représente un vote, ou un sifflet, ou un autre instrument de tapage ; chaque paire de bras un fusil, chaque main une force qui fait nombre. Une fois le résultat obtenu, advienne que pourra de la coalition. Mais ici, où l'on n'aura rien fait si l'accord ne persiste, le premier soin devrait être *de ne grouper que des intérêts bien homogènes*. C'est là une règle de prudence à laquelle on manque essentiellement, en prétendant contenter à la fois tous ceux qui n'ont ni le goût d'apprendre les langues, ni la liberté de s'en passer. Si une telle situation est fâcheuse pour tous, elle n'est pas gênante de la même manière, ni réparable au prix des mêmes moyens pour le commerçant et pour l'homme de lettres, pour le *globe-trotter* et pour le savant (1). On nous permettra de nous mettre, ici, au point de vue spécial de ces derniers.

(1) Pour tous ceux qui n'ont besoin que d'un moyen usuel de communication, on serait peut-être mis sur la voie d'une solution pratique en étudiant le jargon mélangé, en usage parmi les débardeurs de nos ports de commerce, ou encore l'*anglais-pigeon* des villes maritimes de l'Extrême-Orient.

II

Sur quel accueil peut compter auprès d'eux la L. I. à ses débuts ?

Éliminons, pour commencer, les savants qui, malgré l'unification de la langue véhiculaire, resteraient astreints à l'obligation d'être polyglottes. Les *linguistes*, à supposer qu'ils prennent la réforme au sérieux (1), ne se donneront pas le ridicule de la souhaiter pour leur commodité personnelle. Elle changerait aussi très peu de chose à la situation des *ethnographes*. L'*historien* à qui l'on en ferait valoir les avantages, croirait qu'on se moque de lui. Toutefois ces différents groupes, si importants soient-ils, ne constituent encore qu'une fraction minime des hommes de science. Que penseront les autres ?

Cela dépend de la hauteur où ils se placeront pour examiner la question avec tous ses tenants et aboutissants. Le seul service qu'ils puissent raisonnablement espérer de la L. I., c'est qu'elle arrêtera l'éclosion d'une littérature scientifique chez les peuples qui n'en possèdent encore que le premier germe : Hongrois, Bulgares, Croates, Japonais, etc... Pour les Russes, il est déjà décidément trop tard. Toute autre ambition serait aussi chimérique que peu justifiée. L'éducation polyglotte qui suffit encore aujourd'hui à l'érudit et au savant, n'a franchement rien d'excessif pour un homme qui se croit la vocation des études scientifiques. Et d'ailleurs, en ce qui concerne les idiomes qui sont déjà en possession d'une situation acquise, la création d'une L. I. le laisserait dans la nécessité de

(1) La circulaire de la Délégation cite les noms de trois « philologues » favorables à l'institution d'une L. I. Il est permis de demeurer sceptique devant leur autorité. Les deux plus éminents n'ont connu la psychologie du langage que dans sa toute première enfance. Le troisième, un très distingué sanscritiste anglais, d'origine allemande, s'est employé de son mieux à la compromettre en des exhibitions où la méthode critique est remplacée par une érudition sémillante.

les apprendre après comme avant. Car il n'en va pas de lui comme des gens de pratique, pour qui cette langue ne doit être qu'un passe-partout universel de la conversation. A ceux-ci, elle rendrait d'appréciables services dès que son usage se serait suffisamment répandu. Elle ne commencera d'être utile au savant que quand elle mettra à sa portée les publications importantes pour la science qu'il cultive. Le dilettante, qui limite arbitrairement son horizon, n'est pas de ceux à qui la situation actuelle puisse jamais créer une détresse bien pénible : rien ne l'empêche de borner paisiblement son éclectisme aux publications qu'il peut lire dans l'original ou dans une traduction. Mais pour les travailleurs soucieux d'une information méthodique, en quoi la L. I. simplifierait-elle leur tâche à l'heure qu'il est ? Ou bien admet-on qu'à l'occasion de son avènement, toutes les sciences vont faire peau neuve ? Que l'immense littérature scientifique déjà accumulée dans nos bibliothèques sera démonétisée par convention et que le Comité, en clôturant ses opérations, proclamera l'ouverture d'une ère nouvelle : *Magnus ab integro saeclorum nascitur ordo ?* Si cette supposition paraît par trop bouffonne, c'est apparemment que des traducteurs seront chargés de « tourner » en L. I. toute la bibliothèque des académies de Berlin, Londres, Paris et autres lieux. Cela ne coûtera qu'une bagatelle, mais cela risque fort de durer quelques dizaines d'années. Dans l'entretemps, les hommes de science, obligés comme jadis de consulter les œuvres de leurs devanciers, supposeront charitablement leurs confrères en état d'en faire autant. Ainsi assurés de leur public, ils ne se priveront pas de la facilité d'employer, comme par le passé, leur langue maternelle dans la rédaction de leurs ouvrages. Comptons pour rien, si l'on veut, les réactionnaires, descendants légitimes des travailleurs à l'ancienne mode, qui, à l'époque où il suffisait encore de savoir l'anglais ou l'allemand, n'apprenaient pas l'anglais et l'allemand. Mais on ne peut étendre ce dédain sommaire

aux nombreux savants qui étudieront la L. I. pour la lire, avec la ferme résolution de ne l'écrire jamais. Au total, voilà déjà un joli supplément de besogne pour les truchements attitrés du monde scientifique, et la période de transition allongée d'un délai proportionnel.

III

Déjà peu encourageante quand on suppute la force d'expansion qui devra suffire à propager la L. I., la perspective devient tout à fait désespérante *quand on calcule les résistances qui s'opposeront à sa pénétration.* Certaines puissances, dont la protection bienveillante lui serait un secours presque indispensable, non seulement lui refuseront leur appui, mais ne lui accorderont pas même le bénéfice de la neutralité : elles se montreront ouvertement et irréductiblement hostiles. C'est fâcheux à penser ; mais c'est presque déjà de l'histoire, tant la raison en est claire, et tant le passé nous laisse peu d'illusions sur l'avenir. Que l'on regarde plutôt où en est encore, après plus d'un siècle, cet inoffensif *système métrique.* L'amour-propre national n'a pu lui faire partout le sacrifice de ses traditions les plus discutables ; moins que cela, de quelques coutumes locales, d'une routine irrationnelle et souvent incommode, sans aucun lien avec les grandes idées de race et de patrie, indifférente au respect des aïeux et aux anciennes gloires du pays. Comment croire après cela qu'il laissera un jargon, ou une langue, internationale ou supranationale tant qu'on voudra, grandir et se faire une place au soleil, aux dépens de l'idiome national ? Comment croire qu'il verra avec une indifférence bénévole entamer, à l'endroit le plus vital, l'esprit et le lien organique de la race ? Comment croire surtout qu'il permettra à la réforme de s'imposer par des mesures répressives, de même que le système métrique s'est conquis les masses par la crainte

des argousins ? En d'autres temps, ce rêve serait déjà d'une étonnante candeur ; mais aujourd'hui, à l'heure où expirent les derniers râles de ce vieux latin, écrasé par le mouvement séparatiste, après avoir, des siècles durant, rempli avec honneur le rôle de langue scientifique internationale ; lorsque l'Allemagne et l'Angleterre inaugurent une réaction énergique pour remplacer, dans leurs vocabulaires respectifs, les éléments parasites par des mots du terroir ; lorsqu'on voit, dans l'un de ces deux grands pays, un souverain tout-puissant, presque un autocrate, engager le prestige impérial sur des questions de vocabulaire, d'orthographe et de calligraphie ; lorsque le redoutable empire des Tsars congédie des publications officielles les idiomes étrangers, avec la même désinvolture que les industriels à qui il avait ouvert ses portes ; lorsque la Grèce vient de faire une émeute contre le téméraire qui a violé le monopole de la langue pseudo-classique d'une coterie de lettrés ; lorsque l'esprit particulariste se réveille sur tous les points à la fois ; lorsque le principe des nationalités, implanté dans le sol politique, il y a un demi-siècle, est devenu un arbre géant, aux branches duquel mûrissent des fruits plus lourds encore que ceux que la civilisation n'a pas achevé de digérer... Franchement c'est de la confiance portée jusqu'au point où elle prend un autre nom, et des esprits trop généreux se sont fait qualifier d'idéologues et de songe-creux pour des prophéties moins extraordinaires.

Pour tromper ou pour endormir la formidable opposition qu'ils pressentent, les promoteurs de la L. I. ne manquent pas de représenter qu'elle n'aspire qu'au rang modeste de langue *auxiliaire* et ne prétend pas le moins du monde empiéter sur le domaine propre des idiomes nationaux. — Vraiment il ne manquerait plus que cela pour que la déconvenue prît une tournure digne de l'opéra comique. Mais *même au rang subalterne pour lequel le parler nouveau offre ses services, il n'y a pas de place pour*

lui, et il doit s'attendre à une exclusion dans les formes. Les peuples jaloux de leur influence scientifique ne lui laisseront pas prendre pied chez eux. Pour un pays qui prétend à l'hégémonie de la civilisation, c'est une avance énorme que d'être en situation de *forcer les étrangers à apprendre sa langue*. Croyez bien que pas un n'y renoncera. Ils attendront tous que le voisin commence. A quoi bon d'ailleurs être la plus savante nation du monde, si c'est pour voir les œuvres nationales circuler sous un travestissement banal, qui en cache la marque d'origine, comme des navires sous pavillon étranger ? L'esprit cosmopolite obtiendra facilement ce sacrifice de quelques individus ou corporations privées, que le régime actuel mécontente par des contrariétés personnelles et quotidiennes ; il échouera net sur les grandes publications patronées ou défrayées par l'État. Si une autorisation et des subsides sont nécessaires pour les traduire en L. I., nos arrière-petits-neveux pétitionneront encore pour qu'on en prenne la demande en considération.

IV

Si tel est l'accueil sur lequel la L. I. peut compter à ses débuts, indépendamment de ses mérites intrinsèques, on devine la *marche que suivra sa propagation*.

Calculée d'après ces données, celle-ci se représente par une courbe qui, très lentement, s'écarte de l'axe du temps, et dont la première ascension un peu accusée correspond à un avenir lointain. Avant que nous en soyons là, les littératures scientifiques, qui sont encore dans l'enfance aujourd'hui, auront eu le temps d'arriver à l'âge mûr et de porter à l'état aigu la crise dont nous observons actuellement les prodromes. Ainsi la L. I. aura manqué le seul but qui la rendrait sérieusement désirable, le seul aussi auquel elle pouvait prétendre : empêcher l'éclosion d'une

littérature scientifique dans les pays qui n'en possèdent pas encore. Et elle en restera d'autant plus loin que les peuples parmi lesquels on aurait le plus d'intérêt à la répandre, sont précisément ceux à qui on se soucie le moins d'en faciliter l'acquisition, puisque ce n'est pas chez eux que l'on prétend prendre les éléments de la langue nouvelle. Il en résultera une dépréciation, qui ralentira encore son progrès parmi les milieux où elle se serait propagée. Rien, je dis *rien*, n'autorise à espérer qu'elle arrive jamais à dominer le marché des livres scientifiques dans un groupe de nationalités tant soit peu étendu. Ceux qui, pour forcer le public à l'apprendre, la doteront d'éditions originales, aboutiront peut-être à la rendre nécessaire, mais jamais à rendre les autres superflues. Tel sera le brillant résultat de cette réforme entreprise pour résoudre la question polyglotte : nous faire apprendre, en sus des autres idiomes, le jargon cosmopolite destiné à les suppléer — et peut-être les concurrents jaloux de sa médiocre fortune.

A moins qu'on ne l'apprenne pas du tout.

Car enfin, lorsqu'on y regarde de plus près, on ne se figure pas très bien à quel titre il nous offre ses services. — « Langue auxiliaire », nous disent ses patrons ; ce qui semble exclure toute prétention de l'ériger en organe naturel et exclusif de la pensée scientifique. Ce sera donc par voie de traduction qu'elle mettra à la portée de tous et de chacun les productions savantes du monde entier. Voilà bien le plus original du système. Avec le personnel actuel de la publicité scientifique, le projet ferait rire. Mais nous allons changer tout cela : la L. I. sera, par définition, si souple, si ductile, si flexible, que tous ses professionnels feront mentir le dicton : « *Traduttore traditore* » (1). On ne verra plus d'esprits chagrins pré-

(1) Combien de traductions de l'allemand, par exemple, obligent le lecteur à un effort continuel de *rétroversion!*

férer l'édition originale à la version, et cet ancien préjugé n'aura aucune influence sur la vente de l'édition en L. I., qui marchera toujours parallèlement avec l'œuvre originale. Car les traducteurs de l'avenir se distingueront encore en cela de leurs devanciers : non seulement ils n'attendront pas, pour mettre sous presse, que le texte sur lequel ils ont travaillé soit déclassé en son pays d'origine, mais encore ils tiendront leur œuvre à jour, et la renouvelleront à chaque nouvelle édition remaniée du modèle. Les revues aussi paraîtront en deux éditions jumelles. A moins de supposer que chaque auteur aura son drogman attitré auquel il livrera son manuscrit, et trouvera un éditeur comme nos générations actuelles n'en ont jamais connu, on ne voit pas trop comment le système fonctionnera uniformément et universellement. Supposition pour supposition, la psychologie humaine ne se sentirait pas plus avant dans le fantastique, si l'on nous prédisait que les nouvelles méthodes mettront tout individu médiocrement doué en état de se procurer sans peine la connaissance des quelque vingt langues dont il aura besoin.

Que si toutefois nous nous trompons — ce qui est, après tout, encore possible puisque l'homme est un tissu de contradictions — nous formulons un vœu. C'est que la traduction en L. I. accompagne page par page le texte original ; cette proximité sera précieuse quand le lecteur ne verra plus clair dans la version.

V

Car il y fera noir plus souvent que ne croient les inventeurs. Nous le disons à regret, mais avec la certitude absolue que le mal est sans remède. Soyons même optimiste aussi généreux que nous paraissons être le contraire. La L. I. ne subira de la part de ses adeptes aucune déformation préméditée ; cet idiome sans passé,

sans tradition, sans racines dans une nationalité distincte, s'imposera sans coup férir comme le dernier mot du genre. Il ne fera pas même de jaloux parmi les inventeurs et les partisans des nombreux jargons qui ont poussé comme l'herbe sur la tombe du défunt Volapük. Cette floraison elle-même s'arrêtera à tout jamais. Victorieuse au dehors, la L. I. sera au dedans respectée avec une rigueur scrupuleuse. Plus heureux que l'Académie des Quarante, le Comité qui aura présidé à sa fabrication, sera si considéré que personne ne tentera de perfectionner son œuvre, comme font à l'heure qu'il est, en pays de langue française, certaines écoles d'écrivains qui semblent professer, avec Talleyrand, que le langage a été donné à l'homme pour voiler sa pensée... Je crois, sans me permettre d'en douter, que, vu la rare beauté de l'entreprise, nous assisterons, sur toute la surface de notre planète, à un concours de bonnes volontés digne de l'Arcadie ou de la République de Salente. Mais je crois non moins fermement que, sans scélératesse de personne, *le gâchis naîtra de soi-même, par la force des choses.*

Pourquoi cela ? Parce qu'il est contre nature qu'une langue vivante soit maniée avec le minimum suffisant d'uniformité par des millions d'individus habitués depuis l'enfance à un autre idiome et qui, en très grand nombre, l'étudieront forcément sur le tard, l'apprendront à la diable, et n'en feront qu'un usage intermittent.

Que le lecteur veuille bien retenir chacun de ces termes : ils préviennent une objection tellement naturelle, au premier regard, qu'elle semble faire écho à notre assertion. Plusieurs ont déjà nommé le latin du moyen âge, qui a servi de langue scientifique internationale, tout en restant approximativement uniforme. Au risque d'anticiper sur les déductions qui vont suivre, nous croyons préférable de dire une fois pour toutes comment cet exemple, à notre avis, ne prouve rien.

L'idiome scientifique du moyen âge est le continuateur

direct et immédiat du latin de la décadence, demeuré, par une tradition ininterrompue, depuis l'époque romaine, le langage naturel de tous les lettrés d'Occident. Il s'est constitué principalement dans les pays de langue romane, où les bâtards de sa famille lui ménageaient des intelligences souvent très actives dans le parler vulgaire. Même en Angleterre et en Allemagne, le latin avait été importé et implanté à l'état de langue usuelle. C'est du reste dans le premier de ces pays qu'il paraît s'être le plus détérioré ; mais, à cela près, sa fortune y fut aussi brillante qu'ailleurs, et pour les mêmes raisons. Il s'imposa partout et à tous, aux clercs, aux jurisconsultes, aux philosophes, aux médecins, bref à tous les candidats du *trivium* et du *quadrivium*. Non seulement il se rendit indispensable comme instrument de recherche et de travail, mais sa connaissance devint par elle-même la condition nécessaire et suffisante du droit de bourgeoisie dans le monde cultivé. L'étude en fut organisée en conséquence. Elle prenait à elle seule plusieurs années de travail à la jeunesse. Cet apprentissage se faisait dans les auteurs classiques et dans les ouvrages des Pères, deux littératures dont le cycle s'était fermé après une longue période de fécondité brillante. De plus, la source où l'on allait ainsi, dans le jeune âge, prendre la connaissance du latin, était celle même où, la vie durant, on continuerait d'aller puiser la science. La leçon commencée par les anciens, se continuait, plus pratique, chez les modernes ; ceux qui avaient à se servir du latin étaient forcés de s'y exercer incessamment. Non seulement il était la langue véhiculaire de l'enseignement supérieur à tous ses degrés, mais il était l'organe à peu près exclusif de la pensée sous toutes ses formes. Les gens qui lisaient, lisaient avant tout du latin. Son déclin commence dès que les idiomes nationaux entrent pour tout de bon dans la vie littéraire. Nombreuse était au moyen âge la race, à peu près éteinte aujourd'hui, de ces vénérables docteurs en *us* qui auraient été embar-

rassés de parler science autrement qu'en leur jargon d'école. Et bien rares peut-être ceux à qui l'on aurait pu dire l'équivalent du propos de d'Aguesseau à Rollin : « Vous parlez le français comme si c'était votre langue naturelle. » A ce prix, l'on comprend que le latin médiéval soit resté sensiblement uniforme.

Ajoutez qu'en raison même de sa difficulté relative, il est demeuré *langue savante ;* circonstance très importante pour sa bonne conservation. Au contraire, du seul chef de sa facilité, la L. I. sera traitée comme la métaphysique, dont tout le monde se mêle, disait Kant, parce qu'il est reçu qu'on en parle sans préparation.

Au surplus, laissée à l'usage des seuls lettrés, se trouverait-elle très efficacement préservée ?

D'abord, son vocabulaire qui n'aura jamais été le dictionnaire naturel de personne, ne sera jamais fixé *ne varietur*. Si son emploi se généralise, ses inventeurs eux-mêmes perdront à bref délai le sentiment de son unité organique ; ils n'y distingueront plus d'instinct les éléments parasites. Il est d'avance livré, sans défense efficace, à l'invasion du néologisme, qui le déformera au dedans et au dehors. Si, comme on en annonce le dessein, il est composé d'éléments empruntés sous une forme reconnaissable aux idiomes existants, la désagrégation n'en sera que plus sûre et plus rapide. Soit dit en passant, on ne s'imagine pas très aisément quelle figure aura ce vocabulaire, qui ressemblera simultanément à plusieurs langues qui ne se ressemblent pas. Mais passons.

Voilà donc pêle-mêle dans ce dictionnaire des termes tirés, mettons de l'allemand, de l'anglais, de l'espagnol, du français, de l'italien, du russe... Le suffixe et la terminaison dont ils sont affublés, et le voisinage cosmopolite dans lequel ils sont confondus ne les empêcheront pas de se reconstituer en groupes isolés : groupe français dans l'esprit du Français, groupe germanique dans l'esprit de l'Allemand, groupe slave dans l'esprit du Russe, et ainsi

de suite. Puis, par une sorte d'embauchage d'autant plus actif qu'il sera inconscient, chaque groupe attirera à soi des compatriotes qui évinceront les premiers occupants. Un peu plus tôt, un peu plus tard, le département sera envahi en entier.

Ailleurs, la contamination commencera par des dénominations de choses locales, par des mots créés pour de nouvelles inventions, par la terminologie propre à certaines spécialités nationales : puis l'*analogie* fera son œuvre.

Quand l'imitation n'ira point jusqu'à démarquer de la sorte les éléments du parler national, elle y prendra des modèles et des patrons, d'après lesquels les racines et radicaux de la L. I. seront manipulés de gré ou de force. Car de langue à langue, la constitution lexicologique des mots de même sens se ressemble presque aussi peu que les avis dans une assemblée délibérante. Pour une seule et même notion, on trouve ici un mot simple, là un dérivé, là un composé ; et ni le simple, ni le composé, ni le dérivé n'ont partout le même « déterminant », ni la même structure grammaticale, ni la même parenté étymologique. Que toute cette organisation comporte un plan idéal, c'est une hypothèse dont l'extrême candeur ne dépare pas le système à quoi elle se rattache. Mais supposons-la réalisée ; croit-on que des considérations de logique pure barreront le chemin à l'analogie, cette force élémentaire de l'évolution linguistique ?

Finalement, pour un même groupe idéologique, au lieu d'une nomenclature composite empruntée à six langues, je suppose, nous aurons *une sextuple série de synonymes refaite sur le dictionnaire de ces mêmes langues*. Quiconque a vécu en pays bilingue ne conservera pas la moindre illusion sur le résultat dernier. Les mots de l'une des deux langues pénètrent dans l'autre comme dans un terrain vague. Tous ne s'y fixent pas à demeure, parce qu'ils se heurtent à une réprobation souvent fanatique dans les

milieux cultivés, où la première éducation, les relations sociales, l'étude, la pratique de la langue littéraire, le commerce assidu des bons écrivains, entretiennent le discernement et l'aversion de cette promiscuité. Mais le pédantisme et sa police spéciale ont beau organiser des battues ; ils ne réussissent pas à déloger tous les intrus. Quelques-uns même parviennent à se faufiler jusque dans la conversation et le style des puristes. Triste présage du sort réservé à une langue artificielle dont pas un homme sur mille ne se pénétrera jusqu'aux moelles, et qui ne sera chez l'immense majorité des individus qu'un organe postiche, implanté par la greffe animale.

VI

Déjà fâcheux pour le contenu matériel du vocabulaire, le travail de l'analogie deviendra effrayant *pour sa valeur sémantique*.

Le néologisme qui mine le dictionnaire à l'intérieur est un agent de destruction bien plus énergique que celui qui le recouvre d'une alluvion hétérogène. Comme la signification des mots est plus variable que leur forme, il rencontre moins de résistance ; comme sa discordance d'avec l'usage reçu est moins tangible, il passe plus facilement inaperçu de celui qui le commet et de ceux auxquels il se communique par contagion. Ces vocables que la L. I. empruntera aux idiomes principaux, leur conservera-t-elle les multiples significations qu'ils y cumulent, ou bien les réduira-t-elle à une fonction unique et inflexible ? Et dans ce cas, par quel bain les fera-t-elle passer pour leur ôter jusqu'au dernier reflet de leurs anciennes significations ? Comment empêchera-t-elle qu'un même terme ne soit employé tour à tour par des individus de nationalités différentes, avec toutes les significations que son équivalent réunit dans leurs langues maternelles respectives, ou

qu'ils ne le confondent avec quelque vocable d'une troisième langue auquel il ressemble ? Tout ceci est malheureusement bien loin de n'être que des hypothèses métaphysiques ; témoin l'inimaginable circulaire en langue française lancée récemment, au nom de cinq universités allemandes, par la Commission du nouveau *Thesaurus linguae latinae*... A quels pataquès, à quels quiproquos, à quel galimatias faudra-t-il s'attendre de la part du vulgaire, lorsque des savants de marque, des lexicographes de profession, dont plusieurs ont résidé en pays de langue française, écrivent ou prennent à leur compte ce vocabulaire hétéroclite ? Entre autres méprises, ces messieurs, ou leur porte-voix, prenant le mot « étoffe » pour l'équivalent pur et simple de l'allemand « Stoff », s'entêtent à l'employer pour désigner les matériaux de leur dictionnaire. Il y a maintes autres curiosités de même force dans le document où j'ai pêché cet exemple. Je ne l'ai pas choisi avec l'intention d'en faire honte aux savants auteurs. Il serait moins probant venant de moins doctes personnages.

Comme preuve d'un autre genre de malheur qui guette la L. I., on pourrait citer un important mémoire français d'un érudit autrichien de haute naissance, où, d'un bout à l'autre, le verbe « user » est employé avec l'auxiliaire être au sens passif du verbe anglais « to use ». Ce n'est là, si l'on veut, qu'un lapsus d'un genre auquel la L. I. ne sera, par elle-même, pas plus exposée que les autres. — D'accord. Mais elle sera infiniment moins que les autres en état de réagir contre cette désagrégation, qui l'entamera sur des milliers de points à la fois. En tout cas, le premier péril, celui qui vient des groupements capricieux et indéfiniment variés que forment les mêmes notions dans le dictionnaire des différentes langues, celui-là lui est essentiel, et rien n'y portera remède.

Poser en loi que dans la L. I. chaque vocable n'aura qu'une signification unique, c'est avouer qu'on ne voit pas d'où vient le danger, pour ne rien dire encore de l'inex-

tricable réseau d'articles organiques sans lesquels ce décret restera lettre morte. L'homme qui applique un même terme à des usages très différents, n'a pas conscience de cette diversité. Il serait même le plus souvent fort étonné en voyant, dans un dictionnaire complet, la série des adaptations et transpositions qu'il effectue sans s'en douter. Il la soupçonne même si peu que des linguistes de valeur, comme Steinthal, ont osé nier qu'un même mot possédât plus d'un sens. Sophisme grossier, s'il en fut (1). Mais peu importe cette vue théorique. Personne de sensé ne contestera qu'un mot comme le verbe « fuir » ne possède tout un jeu de significations secondaires, caractérisées à tout le moins par une forte nuance, à telles enseignes que l'anglais les réserve au verbe « to leak », dont le sens fondamental est tout à fait différent. C'est le phénomène pour lequel M. Bréal a créé le nom de « polysémie » (2).

Rien de ceci, qu'on veuille bien le remarquer, ne suppose que la L. I. soit employée comme *langue littéraire*. La langue scientifique, commerciale, industrielle, la langue des touristes et des voyageurs, la langue de *tout le monde* qu'elle prétend être, tombe, en dehors de toute prétention littéraire, sous le coup des lois psychologiques du langage.

(1) Cfr. Herm. Paul, *Principien der Sprachgeschichte*, 3e éd. Halle, 1898, p. 69.

(2) *Essai de Sémantique*, 2e éd. Paris, 1899, p. 155. — Dans un article écrit avec une chaleur enthousiaste, M. Léon Bollack range M. Bréal parmi les savants qui tiennent pour « indiscutable » la possibilité de créer une langue universelle (Voir REVUE, ancienne REVUE DES REVUES, janvier 1902 : *Vers la langue internationale)*. Cette information est parfaitement croyable, quoique un peu surprenante pour qui a lu, dans leur contexte prochain et lointain, les sages réflexions auxquelles nous nous référons ici. Tout dépend des conditions que M. Bréal, évidemment, requiert pour le succès de l'entreprise. Moyennant certaines petites suppositions, rien ne nous empêcherait d'y croire aussi, et de croire en outre au supranationalisme et au collectivisme, autres chimères recommandées par d'illustres parrains.

Pour nous faire pardonner cette légère chicane, donnons ici le titre d'une autre publication de M. Bollack : *Méthode et vocabulaire de la langue bleue* (bolak), *langue internationale pratique*. Paris, Dupont, 1901, in-8°, VIII-306 pages.

Voici donc le petit problème posé à la L. I. par la « polysémie » : Ou bien le bloc de significations originairement réunies par le mot qu'on transplante en L. I., sera débité en fragments indivisibles, et alors le vocabulaire du nouvel idiome deviendra d'une richesse tellement démesurée que personne ne le possédera jamais à fond ; ou bien le bloc demeurera intact, et alors c'est la cacophonie...

Mais, vraisemblablement, les promoteurs du système ne s'alarmeront pas pour si peu. Ils accorderont que, dans la L. I., la grande loi du mot propre comportera une certaine élasticité. Ce procédé approximatif n'aura rien d'incorrect, puisque l'usage ne sera nulle part assez rigide pour qu'une expression par à peu près soit regardée comme insuffisante. C'est-à-dire, si à mon tour je comprends bien, qu'on dira indifféremment « un novateur » et « un rénovateur », « un homme de tête » et « un homme têtu », « un objet sans prix » et « un objet sans valeur », et que personne ne s'y trompera jamais : ce sera un soulagement notable pour les gens dont la langue est sujette à fourcher. Par malheur, on en abusera, comme une comparaison rapide des dictionnaires anglais et français (pour ne parler que de ceux-là) le montre avec une impitoyable évidence.

VII

Mais il y a pis. Quand bien même tout ce matériel verbal, qui souffrira si fort à l'usage, resterait en parfait état de conservation, *il ne fournit pas à lui seul tous les éléments de la synthèse vivante qu'est le langage.* Ces mots si bien faits par eux-mêmes pour être employés de travers, d'après quelles lois le discours les mettra-t-il en œuvre ? Les inventeurs de la L. I., qui pensent y avoir pourvu, n'ont pas même effleuré le problème. Ils ont beau dire que leur machine n'en est plus à l'état de théorie pure, et que la possibilité de son fonctionnement

est prouvée, puisqu'elle fonctionne. D'autres persisteront à penser que quelqu'un est caché dans la machine, ou plutôt que ses constructeurs y ont mis, à leur insu, quelque chose qu'ils ne disent point, et en raison de quoi précisément son usage ne deviendra jamais *universel*. Aux yeux de ces critiques, l'existence d'articles, brochures, livres en langue artificielle, démontre fort bien que, sur la contexture psychologique d'une langue, il est toujours aisé de modeler arbitrairement un système de signes plus simple que l'ancien et de le faire fonctionner au petit bonheur, surtout quand on est en situation d'ériger ses combinaisons en loi ; elle ne démontre pas qu'*avec le même outillage, le premier venu ferait de la prose intelligible pour ceux qui comprennent celle de l'inventeur*. Expliquons-nous.

Personne ne conteste qu'en opérant sur un livre ou sur quelques douzaines de livres, à la manière de maçons qui restaurent une façade, on ne puisse, à fort peu de frais, y substituer à chaque mot ou à chaque expression, d'autres mots et d'autres expressions d'un type uniforme, en négligeant ou unifiant les anomalies syntactiques du texte primitif. Il est encore très facile de dresser le glossaire de la nouvelle rédaction, sur le modèle d'un dictionnaire de poche. Il ne l'est pas moins de biffer, dans la grammaire du modèle, les exceptions et les singularités qu'on en a éliminées. Rien de tout cela n'est en son genre plus surhumain que le jeu de patience ou le bilboquet. Seulement la simplicité est extrême de prendre le produit de ce passe-temps pour un instrument dont un quidam de n'importe quelle nationalité pourra jouer comme le fabricant lui-même.

Ce débris, cette poussière, ce *caput mortuum*, c'est une langue, comme un poids donné de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote est une plante, et le mouvement qu'il exécute est un langage, comme le courant voltaïque, qui agite les membres d'un cadavre, ressemble à la vie.

Ou, si ce rapprochement paraît trop fort, disons que les mots et le système d'indices qui en marquent les relations grammaticales, sont comme le cadran et les aiguilles d'une horloge : tout l'essentiel pour indiquer l'heure... avec le secours d'un mécanisme qu'on ne voit pas comme on les voit, mais au prix duquel ils sont une quantité à peu près négligeable. Tout pareillement, le matériel lexicographique et syntactique d'une langue n'est mis en état de service et entretenu à la disposition de la pensée que par un facteur ou une force intermédiaire. Si votre idiome artificiel paraît s'en passer, c'est qu'il la dérobe, par une sorte de courant dérivé, à un autre appareil, à savoir *la langue maternelle de celui qui le manœuvre*. Précieuse économie, pourvu qu'il soit toujours manié par des individus de même langue ou que son allure puisse se maintenir uniforme, indépendamment de la source d'énergie qu'il met à contribution. Par malheur, les deux conditions manquent à la fois, et toute espèce de régulateur dont on le munirait pour unifier son fonctionnement, réduirait son jeu à une série stéréotypée de mouvements raides et étriqués. Pour le service qu'on demande au langage, même en dehors de toute prétention littéraire, c'est fort peu de chose qu'un automate, fût-il bien plus parfait en son genre que le canard de Vaucanson.

Il faut en prendre son parti. Les mots si mobiles, si maniables, si liants qu'on les suppose, n'arrivent point par eux-mêmes à se réunir en ce tout vivant et organique qu'est le langage. Ils n'obéissent qu'à des attractions et ne s'agencent que d'après des formes sélectives lentement créées par l'habitude. C'est à la dernière couche de l'esprit, bien au-dessous de la zone des associations artificielles, dans le tréfonds des facultés mentales, que s'élabore, petit à petit, avec le secours de l'hérédité (1), ce qu'on pourrait

(1) Cfr. G. von der Gabelentz : *Die Sprachwissenschaft, ihre Aufgabe, Methoden und bisherigen Ergebnisse*, 2e éd. par Albr. von der Schulenburg Leipzig, 1901, pp. 61-62.

appeler le sens de l'expression verbale, sorte d'instinct formé d'impressions accumulées, du reliquat de toutes les opérations intellectuelles où le langage est intervenu, des empreintes superposées de toutes les phrases que nous avons entendues, lues, écrites, prononcées et pensées. On peut ignorer ou contester le rôle de ce facteur ; mais s'en passer serait tout aussi chimérique que de vouloir apprendre, par raison démonstrative, à marcher ou à nager, ou encore de chercher une méthode pour réussir du premier coup à écrire couramment de la main gauche (1).

Encore les mouvements nécessaires pour écrire ont-ils chez tous les individus un degré d'uniformité qui permet de les réduire en théorie. Au contraire, *l'adaptation du langage à la pensée est essentiellement relative à une multitude de circonstances contingentes*. Chaque peuple la pratique d'après les habitudes que lui a créées sa langue maternelle, et malgré la part énorme d'arbitraire que renferment toujours ces habitudes, chaque peuple prend les siennes pour les lois normales et logiques de l'expression verbale. De là, pour la L. I., une situation absolument inextricable. Ses procédés ne pourront ressembler à la fois à ceux de tous les autres idiomes. Admettons qu'ils soient plus logiques ou, pour être moins inexact, mieux fondés en saine psychologie, que ceux des autres langues ; ils auront malgré tout quelque chose de violent et de forcé, pour ceux à qui une autre forme d'expression vient plus naturellement.

Enfin — et ceci clôt le débat — *les termes sur lesquels il faudrait s'entendre pour établir un usage uniforme, échappent à toute définition compréhensible pour le vulgaire.*

Je dis un « usage » et non pas une syntaxe, mot d'un

(1) Voir H. Paul, *Principien der Sprachgeschichte*, Ch. I. Allgemeines über das Wesen der Sprachentwickelung, pp. 22 et suiv. — Il serait intéressant de voir quel appoint fournit à la question le nouveau livre de M. W. Wundt, *Sprachengeschichte und Sprachpsychologie*, Leipzig, 1902.

tout autre sens et qui désigne un ordre de phénomènes superficiels à peu près insignifiants dans la question présente. Les lois syntactiques, en très grande majorité, portent sur des observances de forme à garder entre des mots que la pensée a déjà choisis et associés et auxquels elle a déjà assigné leurs fonctions respectives. Elles n'interviennent qu'après le travail le plus délicat de l'invention et de l'expression verbale. Ceci posé, je ne nie pas que, dans l'immense forêt vierge de ces observances extérieures, souvent mesquines et bizarres, on ne puisse, par une règle simple et claire, pratiquer d'un seul coup de gigantesques abatis. Par exemple, la règle que l'adjectif précédera ou suivra toujours son substantif, retrancherait de la syntaxe française une nomenclature de faits absolument désespérante, que pas une grammaire ne parviendrait à simplifier, et dont les éléments se chercheraient en vain dans les dictionnaires les plus complets. Un autre décret, tout aussi laconique et tout aussi efficace, abrogerait le genre grammatical, superfétation encombrante et inutile, malgré les cas où elle peut servir à prévenir une équivoque ; etc., etc. De ce côté, nombre de simplifications sont possibles et le sont facilement.

Seulement, la question n'est pas là, dans ces détails extérieurs ; elle est dans la manière dont la pensée s'incorpore, se distribue, se condense ou se dilate dans les mots. Et celle-là n'est atteinte par aucune réglementation. Jamais, jamais quoi qu'on fasse, le langage ne sera un fac-similé matériel de la pensée. Il n'est qu'un instrument pour l'évoquer dans l'esprit des autres, par les lois de l'association et à l'aide de moyens dont l'habitude est la seule mesure.

Ces moyens, l'usage auquel ils se prêtent n'est jamais indiqué que très approximativement par la nature des choses. C'est-à-dire qu'il n'existe pas de vocabulaire qui puisse par soi-même forcer la pensée à passer par un circuit de mots d'un type déterminé. Riche et précis, il

embarrasse d'un inutile fatras ceux qui ont l'habitude de laisser tels détails de l'idée se dégager du contexte. Pauvre, il condamne à la plaie de la périphrase les individus accoutumés à l'emploi d'un dictionnaire plus nuancé. Si la composition des mots y reste libre, jamais les écrivains de race latine ne le manieront avec une entière dextérité. Si elle ne l'est pas, ceux de race germanique s'y trouveront sur un lit de Procuste. Du reste, riche ou pauvre, fixe ou dilatable, il reste toujours à une distance indéfinie du nombre de notions qu'il est appelé à exprimer. De là, la nécessité de suppléer par des combinaisons, par des alliances de termes, par des groupements stables ou occasionnels, par des figures, par des images, par des locutions elliptiques, à la naturelle et inévitable indigence des mots. Problème d'ingéniosité, que chaque race résout en exploitant dans des sens différents leur faculté d'adaptation presque illimitée. Aussi bien, un terme ne possède-t-il à poste fixe que ce minimum de signification par lequel il est rattaché à l'objet ou à la notion intelligible qu'il désigne. Tout comme les mots, les catégories grammaticales : substantif, adjectif, participe, verbe, etc. ; — les différenciations lexicologiques : termes abstraits et concrets, dénominatifs, dérivés, et le reste ; — les fonctions syntactiques de régime direct et indirect, de prédicat, d'attribut, etc., etc., se prêtent indifféremment à des effets de signification, à des artifices sémantiques, dont pas une seule langue ne possède le clavier complet. Du parti qu'un idiome tire de ces moyens, de la sélection qu'il y pratique, de l'ensemble des tendances qu'il manifeste dans la mise en œuvre du vocabulaire, dépend ce que l'on a coutume de nommer, par une métaphore imprécise et parfois décevante, son « génie ».

Quel sera donc le génie de la L. I., puisque génie il y a ? Elle n'en aura aucun, disent ses patrons, entendant par là que sa contexture logique serrera partout la pensée du plus près possible. — Nous croyons nous qu'elle les

aura tous à la fois, c'est-à-dire que *les images, les catachrèses, les tours de phrase, les procédés expressifs de toutes les langues l'envahiront à qui mieux mieux.* Le légitime sujet de préoccupation n'est donc pas de savoir comment on dira en langue internationale « un homme tiré à quatre épingles », mais comment on empêchera un Français ne parlant que sa langue de contrefaire en L. I. cet idiotisme et bien d'autres. — On proscrira tous les idiotismes, nous dit-on. — Mais le moyen de s'en passer ? Et quand ce serait possible, comment espérer que l'universalité des hommes civilisés se résigneront à ce parler incolore et atone, avec la docilité des Spartiates à qui les Éphores commandaient périodiquement de couper leurs moustaches ?

Mais enfin, si le grand nombre se montre de bonne composition, les récalcitrants finiront sans doute par rentrer dans le rang. — On proscrira donc les idiotismes. Soit. La prohibition arrêtera bien au passage quelques locutions proverbiales, nettement caractérisées par le fait que personne n'en sait plus mettre le sens d'accord avec les mots. Mais dans l'entretemps combien de gallicismes, germanismes, anglicismes, et autres *ismes*, passeront la frontière en contrebande, sans être reconnus de personne ! Car ne les distingue pas qui veut, et la diffusion de la L. I., en restreignant l'étude des langues étrangères, ne peut que diminuer encore le nombre des gens capables de ce discernement. C'est par comparaison avec les habitudes des autres races, que l'homme arrive à connaître les procédés arbitraires de son parler national. Jusque-là, il en prend les caprices les plus fantasques pour des lois transcendantes du langage. Aussi est-ce une étrange illusion que d'espérer que tout le monde traitera la « langue universelle » avec la circonspection qu'y apportent les linguistes qui l'ont fabriquée et les polyglottes qui s'en amusent.

D'ailleurs, la prudence aussi a ses excès. Jusqu'ici, une

des conditions du style juste, et le langage scientifique doit y prétendre, était de se mouvoir avec aisance, et, à l'occasion, avec une hardiesse mesurée. Les réformateurs se chargeront sans doute de changer cela aussi. Mais, s'ils y comptent, ils pourraient commencer par une mesure de transition, qui, provisoirement, tournerait la question des langues modernes : qu'ils organisent une pétition internationale, à l'effet de prier MM. les savants de daigner s'astreindre, dans l'usage de leurs langues respectives, à la plus grande simplicité possible et à bannir de leurs mémoires, livres et articles, toutes les expressions du terroir, les constructions tourmentées, et les particularités syntactiques qui ne sont pas rendues indispensables par l'idée pure, d'une part, et par le « génie » de la langue, d'autre part. La très grande majorité répondra sans nul doute qu'on leur demande l'impossible, ou... qu'on ne leur propose rien qu'ils ne fassent déjà. Je crois volontiers les uns et les autres. Chacun s'exprime comme il peut, ne demandant pas mieux que d'être compris. Mais la contrainte est trop violente de ne recourir qu'à des formes de langage qui soient saisies *de tout le monde, même entre compatriotes*. Qu'on juge si ces mêmes entraves paraîtront plus commodes quand elles seront aggravées de la nécessité de chercher ses mots dans le joli vocabulaire que nous avons décrit. Aussi le résultat ne laissera-t-il aucun doute. Bon gré mal gré, la L. I. *sera envahie par une foule cosmopolite et bigarrée d'expressions, de constructions, de tours, d'idiotismes, qu'on ne parviendra pas à évincer*. Aussi bien, comment cette langue sans passé, sans traditions, sans littérature, presque sans grammaire, dit-on, ce précipité amorphe, cette masse de protoplasme, comment se défendra-t-elle contre ces déformations, s'il est vrai que l'organisme réagit moins contre le milieu à proportion qu'il est de structure moins définie, plus indécise ? D'ailleurs sur quel point d'appui s'arcboutera la résistance ? Quelle sera la nation dont l'usage fera loi ? A une langue

vivante, il faut une règle vivante. Son uniformité se rompt dès qu'elle n'est plus garantie que par les préceptes codifiés dans des livres. La L. I. n'aura peut-être pas même ceux-là. D'un pays à l'autre, elle fera échange d'incorrections (et de néologismes); et encore, un échange trop capricieux, trop irrégulièrement réparti, pour qu'il y ait chance d'arriver par cette voie à un nivellement des diversités locales. Cela promet un beau degré de précision à cet instrument qui en aura tant besoin !

Cependant, il ne faut rien exagérer. Certains effets de ce bariolage ne seront regrettables qu'au point de vue secondaire de l'esthétique. Une partie notable de la phraséologie moderne est déjà internationale. Les diversités caractéristiques des idiomes européens ne sont pas répandues, au moins ordinairement, dans la contexture générale du style. Elles sont assez souvent localisées dans des formules, qui, toutes différentes qu'elles soient par leur composition, s'équivalent à peu près de langue à langue, pour la valeur sémantique. — Nous en convenons volontiers. Mais tout d'abord, il n'y aura pas que des Européens ou des individus de « culture européenne » à parler la langue universelle. Ensuite, si la différence n'est pas colossale entre les procédés de l'anglais et du français, par exemple, elle le sera infailliblement entre le français et une langue où se seront infiltrés, outre les idiotismes anglais, ceux d'Italie, d'Espagne, de Norwège, des deux Germanies, etc.

On objectera que ces idiotismes, compris en leur lieu d'origine, pourront l'être aussi bien partout. — Ils le *pourront*, mais peu importe, car cet état de choses est incompatible avec une des conditions essentielles d'une langue *claire : fonctionner mnémoniquement*. Une locution a beau être expressive et idoine *de soi* à signifier ce qu'on veut lui faire dire; elle n'est comprise à coup sûr que quand elle est directement et immédiatement associée, dans la mémoire de celui qui la lit ou l'entend, avec son contenu. C'est encore à ce prix qu'elle allège le travail de

l'invention verbale. Aussi, le matériel phraséologique est-il, pour la commodité du maniement, en raison inverse de la difficulté qu'on éprouve à l'apprendre. Les locutions toutes faites, les groupements fixes, les types arrêtés de construction et de structure, limitent l'initiative de l'écrivain, à peu près comme une route enlève au piéton la liberté de marcher dans les champs ; mais, comme la route, ils sont un guide qui le dispense de s'orienter à chaque tournant. Laissé seul à seul avec les mots isolés et disjoints, il aurait à refaire seul le travail des générations de pionniers qui ont façonné la langue de son pays. Ou plutôt il devrait posséder dans sa seule tête, la fécondité inventive de tous les auteurs dont les trouvailles d'expression sont restées dans la langue à l'usage des générations suivantes, des lecteurs autant que des écrivains.

Car tel est le bienfait de ces accouplements de mots consacrés par l'habitude. Le sens parfois très complexe qu'ils renferment, fait corps avec son signe, partant se reconnaît d'emblée, et du même coup éclaire ses alentours. Là où ce secours manque entièrement, tout le travail de l'interprétation est à la charge de la pensée réflexe, c'est-à-dire qu'il exige souvent, en sens inverse, les mêmes tâtonnements auxquels nous sommes condamnés quand le mot propre refuse de venir se placer à point nommé sous notre plume. Tout ceci serait un peu long à expliquer par le menu, mais le résultat importe seul : *La L. I. sera comprise, par nombre de gens, comme les auteurs anciens, pour une raison analogue, le sont par beaucoup d'autres, c'est-à-dire au prix d'un commentaire plus long que le texte.*

VIII

Pourquoi, dira-t-on, ces pronostics si noirs, alors que les hommes d'aujourd'hui devraient avoir appris à ne prononcer qu'à très bon escient le mot : impossible ? N'a-t-on

pas entendu dire autrefois que les chemins de fer étaient une impossibilité ? — C'est vrai, et parmi ces prophètes de malheur se trouvaient des esprits comme Arago et Thiers. En revanche, d'autres esprits, d'envergure au moins égale, se sont trompés en déclarant réalisables d'autres choses qui ne l'étaient pas ; et tout ce que les contemporains de Thiers et d'Arago déclaraient impossible, n'a pas eu la fortune des chemins de fer ! Si aujourd'hui des hommes éminents se portent garants du brillant avenir réservé à la L. I., cela prouve seulement que des intelligences d'élite, quand elles croient la situation inextricable, recourent, comme la foule, à des solutions simplistes. Mais les faits ne s'inclinent pas aussi docilement que l'opinion devant des formules allégées des termes gênants. *Simplex sigillum veri*, dit un vieux proverbe ; toutefois, s'il est vrai au sens où l'on paraît le prendre, la psychologie des individus comme aussi celle des races, ont marché à reculons... depuis qu'elles marchent.

Mais alors le mal est sans remède ? — Nous ne le croyons pas. Ce n'est pas ici le lieu d'exposer par quels moyens nous croyons que la crise annoncée peut être conjurée ou du moins atténuée. Un mot seulement.

Les partisans de la L. I. qui voudront bien songer aux objections que nous avons soulevées, verront qu'elles visent uniquement la double impossibilité de faire accepter *universellement* une langue *auxiliaire unique*, comme aussi d'assurer le bon fonctionnement d'un *idiome artificiel* à l'usage de *tout le monde*. Nous ne serions nullement disposé à les maintenir sans les atténuer dans l'hypothèse, d'ailleurs invraisemblable, où la L. I. serait assurée d'une longue période d'adaptation préalable, durant laquelle nul ne serait admis à l'écrire, sauf quelques milliers d'interprètes ou de traducteurs polyglottes qui entretiendraient entre eux des relations suivies, de tous les points du monde civilisé. Ou encore, s'il s'agissait seulement d'une *langue destinée à servir d'intermédiaire entre des savants*

adonnés à des études de même genre. Des hommes prédisposés par leur formation spéciale à s'entendre, je veux dire à se comprendre, familiarisés avec les mêmes méthodes, au courant des mêmes publications, cantonnés dans un ordre d'idées relativement restreint pourraient, avec des chances sérieuses de succès, essayer de se fabriquer à l'usage de leur science une sorte de dialecte ésotérique, auquel d'ailleurs la terminologie technique fournit par avance une armature de points fixes. Seulement, ils devraient le faire tel qu'on ne le leur dérobe pas ; ceux qui l'emprunteront pour des usages extra-scientifiques le leur fausseront (1). Et s'ils tiennent à ce qu'il soit clair, ils feront bien de ne pas prendre pour idéal une langue qu'on apprendrait moyennant deux heures de travail et un outillage de deux francs. Les gens avisés n'ont pas coutume d'aller demander des engins industriels ou des instruments de précision à la bimbeloterie amusante.

Toutefois, si peu regardants qu'ils se montrent sur la dépense, nous ne garantissons pas qu'ils en auront pour leur argent. S'il nous était permis d'émettre un avis en pareille matière, nous croyons qu'on arriverait beaucoup plus vite à une solution stable en répartissant le service des divers départements scientifiques entre les langues des peuples de haute culture, au prorata de leur importance actuelle. Ainsi aucun des idiomes nationaux ne songerait à briguer l'inacceptable privilège de devenir l'organe de la pensée « mondiale ».

Mais ce plan, qui d'ailleurs présente encore plus d'une grosse difficulté, n'ouvre pas les perspectives grandioses

(1) C'est à quoi ne paraissent pas songer suffisamment les savants dont les préférences inclinent, un peu à l'aveuglette, vers tel ou tel langage artificiel créé pour un tout autre public. Les fabricants de l'*Esperanto* ont commencé par traduire les Fables d'Ésope et l'Iliade d'Homère, les comédies de Beaumarchais et les tragédies de Shakespeare, Goethe, Byron, Tolstoï, etc. Il se trouve même des poètes pour tourner des vers en *Esperanto*. Voilà donc la future L. I. en train de se hausser à la dignité de *langue littéraire*. Nous avons systématiquement écarté cette hypothèse de la discussion ; elle n'était pas nécessaire pour justifier nos critiques.

qui ont séduit les partisans de la L. I. « Elle aidera les peuples à se mieux connaître, à se fréquenter davantage, à se comprendre, à s'estimer et à se respecter. Elle pourra dissiper bien des préjugés et des malentendus qui les séparent, resserrer et multiplier entre eux des relations, non seulement d'intérêt, mais de sympathie, qui contribueront à affermir la concorde et la paix. « Nos devanciers ont créé la conscience familiale, la conscience de la cité, la conscience nationale. Il nous appartient de créer la conscience de l'humanité (Boutroux). « Cette conscience de l'humanité, qui commence à se former et à se manifester, trouvera dans la L. I. un organe et un véhicule indispensable (1). » Ce n'est pas notre faute si cette prophétie, animée de sentiments si honnêtes, suggère certaines prévisions, moins ironiques d'ailleurs que la réponse qu'elle recevra des événements.

Ou bien les adhésions au referendum de la Délégation viendront en très grande majorité d'un petit nombre de pays, rapprochés par des liens de voisinage, d'amitié ou de race ; et alors nous aurons le spectacle piquant de voir l'organe international réduit, pour commencer, au service intérieur de la France et de contrées où le français a cours. Ou bien les adhésions viendront de tous les pays et en telle affluence qu'elles marqueront au juste l'état réel de l'opinion sur toute l'étendue du monde civilisé. Alors voici le dénouement qui s'entrevoit.

On votera *oui* sur la question de savoir si la création d'une L. I. est opportune. Puis, quand il s'agira de décider à quelle langue on donnera la préférence, chaque pays trouvera qu'on la fait trop peu ressemblante à son idiome national.

Et cela pourrait bien finir par un épilogue assez semblable à celui du Congrès de la Paix.

P. Peeters, S. J.

(1) L. Couturat, *Pour la langue internationale*, p. 50.

VARIÉTÉS

I

A PROPOS DU VOANDZOU ET DE L'ARACHIDE

Dans le récit du voyage de Delegorgue à travers le Natal, publié en 1843 (1), on trouve des indications qui se rapportent probablement au Voandzou, bien que cette plante ne semble pas avoir été signalée dans le Natal. Le Voandzou et l'Arachide, tous deux de la famille des légumineuses, possedent des fruits qui s'enterrent pour mûrir leurs graines. Ils paraissent avoir été parfois confondus ; aussi en reproduisant le texte de Delegorgue attirerons-nous l'attention sur leurs caractères distinctifs et sur leurs propriétés.

" Ces haricots, dit Delegorgue, se développent sous terre au col de la racine. On les appelle, à Natal, *aardeboontjes*. Ils n'en diffèrent que par leur grand volume et leur excellence.

„ Chacune de ces graines de forme ronde a deux centimètres de diamètre ; la pellicule qui l'entoure est d'un rouge obscur ; une cosse bivalve de nature cassante à l'état sec, préserve le fruit du contact et renferme un ou souvent deux haricots.

„ C'est un légume très farineux, offrant quelque similitude avec la châtaigne, mais qu'à la première vue, un maladroit confondrait avec la *pistache de terre*.

„ Ce végétal serait une excellente acquisition pour l'Algérie. „

D'après cette courte description, la plante observée par Delegorgue et sur laquelle nous avons attiré l'attention de M. Mac Owan, botaniste du gouvernement à Capetown, devrait être rapportée au *Voandzeia* qui n'avait pas été signalé au Natal

(1) Voir la communication de M. Proost à la 3me Son de la Soc. scientif., 30 janvier 1902, ANNALES, t. XXVI.

M. Mac Owan a bien voulu nous promettre de faire faire, à ce sujet, une enquête dans la région. D'après les premiers renseignements qui nous ont été communiqués, le *Voandzeia* est cultivé actuellement par les Cafres et les Coolies, mais pas en très grande quantité. Les indigènes estiment cependant grandement les graines de cette plante.

Le *Voandzou*, " pois de terre, pois d'Angola, pois Bambara, pistache Bambara ", est répandu dans toute l'Afrique tropicale et se cultive jusque dans le sud de l'Afrique.

La patrie de cette plante, que l'on ne rencontre plus guère à l'état spontané, ne peut être indiquée avec certitude ; mais il semble, d'après les indications que l'on a pu réunir, que cette espèce, dénommée par Linné *Voandzeia subterranea*, est originaire du Soudan.

C'est d'ailleurs dans l'Afrique tropicale que l'on cultive surtout la plante pour ses graines nourrissantes.

On ne connaît guère le mode de culture du Voandzou, on le plante probablement au début de la saison des pluies.

Dans l'Angola, le Voandzou ne fait pas l'objet d'une grande culture; il s'y rencontre plutôt rarement et porte, à Pungo Andongo, le nom indigène de *vielo*, d'après les notes manuscrites de Welwitsch.

Au Congo, cette plante est relativement peu cultivée, parce que son rendement est de beaucoup inférieur à celui de l'Arachide.

Il paraît en outre que les fruits sont plus sensibles à l'humidité et qu'ils pourrissent assez facilement dans le sol. Il faut, pour que le Voandzou donne une bonne récolte, qu'il soit cultivé dans une terre assez sablonneuse, mais riche.

D'après des renseignements que M. Kindt, chef de culture du Jardin colonial à Laeken et qui a résidé au Congo, a bien voulu nous communiquer, les indigènes connaissent très bien la valeur nutritive de cette plante; mais, malgré cette qualité, elle est peut-être la moins cultivée de toutes les légumineuses alimentaires. La valeur de cette graine sur les marchés du Bas-Congo, serait d'environ 75 centimes le kilo. Les Noirs n'en extraient pas l'huile et mangent les graines grillées ou bouillies dans leur " moyambe ".

C'est une chose bien connue, que le Voandzou est préférable comme nourriture à l'Arachide qui, prise en grandes quantités, donnerait des maux de tête.

Dans les colonies allemandes, il semble qu'il y ait deux variétés de Voandzou, l'une d'un brun rouge ou noirâtre, l'autre

blanche ou tachetée. Les indigènes de ces régions font bouillir ces graines, les colorées moins longtemps que les blanches, et en préparent une sorte de pâte. On les fait aussi rôtir avec du sel, dans du beurre fondu ou de l'huile. Elles ont un goût très semblable à celui des pois, mais seraient, paraît-il, très difficiles à digérer.

Il serait intéressant de faire quelques recherches sur la façon dont la plante enterre ses graines, car rien de ce processus n'est connu. La plante se différencie facilement de l'Arachide : tandis que l'Arachide forme une plante pouvant atteindre 50 centimètres de haut, à feuilles composées, à deux paires de folioles, à fleurs axillaires solitaires, portées sur un long pédoncule qui se recourbe après l'anthère pour enterrer le fruit, le Voandzou est une petite plante dont la tige rampe à la surface du sol et émet des feuilles trifoliolées, portées sur des pétioles de 10 à 20 centimètres de long; les fleurs elles-mêmes naissent tout près du sol, les fruits sont subcylindriques ou ovoïdes, renfermant une ou deux graines.

Au Sénégal, le Voandzou porte en volof le nom de " Guerte-bambara „ ; dans l'Unyoro, il est désigné sous le nom de " Mpande ou Mpandi „ ; au Kilimandscharo, on l'appelle " Puo „; dans le Shire " Litlo „, à Bornou " Ngangala „.

D'après M. Balland, Revue du Service de l'Intendance militaire (mars 1901), 100 grammes de graines renfermeraient à peu près exactement les quantités et les proportions relatives d'albuminoïdes, de graisse et d'hydrates de carbone, que devrait contenir, d'après les physiologistes, l'aliment type. La composition chimique est la suivante :

Eau	9,80
Matières azotées	18,60
Graisse	6,00
Amidon	58,30
Cellulose insoluble	4,00
Cendres	3,30
	100,00

Quant à l'*Arachide*, son histoire est beaucoup plus considérable et nous ne voulons en rappeler ici que quelques points. On trouvera d'ailleurs dans la remarquable étude publiée par le regretté docteur Taubert du Jardin botanique de Berlin, dans le

Pflanzenwelt Ost-Afrika *(Die Hülsenfrüchte Ost-Afrikas und ihre Verwerthung)*, des renseignements très précis sur cette plante.

M. Th. Fleury a consacré, en 1900, une brochure à l'Arachide, principalement à celle de la Sénégambie, où il étudie la culture, le commerce et la transformation de la graine en huile et en tourteaux (1).

La première donnée relative à cette espèce se trouve consignée dans Oviedo *(Cronica de las Indias*, 1547). D'après cet auteur, qui avait séjourné à Cuba de 1513 à 1524, la plante était cultivée dans les jardins sous le nom de " Mani ", nom qui lui est encore conservé actuellement.

C'est en 1658, dans un livre publié par G. Piso, que l'on dit pour la première fois que l'usage considérable des graines occasionne des maux de tête, et Taubert lui-même, pendant un séjour en Tripolitaine, a pu vérifier cette action.

Dans certaines régions de l'Afrique orientale, les indigènes ne veulent pas employer l'Arachide parce qu'ils prétendent que les graines et l'huile provoquent des maladies.

L'*Arachis hypogaea*, ou " noix de terre, ou pois de terre ", porte à Zanzibar des noms bien différents tels que : Ndjugu, Ndjugo-Nyassa, Ndjuga-Kos, Karanga-Kos ; au Sénégal, suivant les langues : Guerte, Aren, Badiangot, Mankara.

La culture en est aisée, la plante n'est pas exigente : un sol sablonneux ou une terre légère lui conviennent admirablement ; l'argile au contraire, dans laquelle elle ne peut que difficilement pénétrer et dont elle ne peut facilement être arrachée, lui est défavorable.

La graine, lorsqu'elle est consommée sur place, est mangée comme légume, crue ou plus rarement bouillie, car l'eau ne la

(1) Th. Fleury, *L'Arachide, principalement celle de la Sénégambie. — Sa culture, son commerce, sa transformation en huile et en tourteaux.* Bordeaux, 1900. — On peut également consulter pour l'histoire de cette plante : *Arachis hypogaea L.*, by Anna Stockton Pettit, dans les Memoirs of the Torrey Botanical Club, vol. IV, 1895. — The Agricultural Ledger, 1900, n° 1, Calcutta. — Et de très nombreux articles parus dans le Bulletin économique de l'Indo-Chine, 1901 ; dans la Revue Agricole de la Réunion, 1901 ; dans la Revue des Cultures coloniales (Milhe-Poutingon, chaussée d'Antin, 44, Paris) ; dans le Reveil Agricole de Marseille, 1901 ; dans le Journal d'Agriculture tropicale, 1901 (Vilbouchevitch, 10, rue de l'Ambre, Paris) ; dans le Deutsche Kolonialzeitung, 1901 ; etc., etc.

ramollit pas. Grillée on en fait des gâteaux ou des nougats qui semblent très recherchés. Elle a même été proposée comme succédané du café et l'on en prépare en Amérique un produit qui a certaines analogies avec le chocolat.

Au Sénégal, l'Arachide est cultivée en grandes quantités et donne des rendements magnifiques. C'est ainsi qu'en 1899 le Sénégal en a exporté 110 000 tonnes valant 24 082 500 francs; en 1900, 137 000 tonnes valant 32 637 500 francs.

La quantité d'Arachides versée sur le marché français est en progression continue depuis 1886, époque à laquelle les exportations étaient de 26 000 tonnes environ, valant près de 7 000 000 de francs.

L'Inde fournit également une forte quantité d'Arachides; en 1884 les exportations des Indes ont dépassé 60 000 000 de kilos.

L'Arachide est très cultivée aux États-Unis, mais guère exportée. On a évalué la production de ces dernières années à 27 000 000 de kilos dont on ne retire pas d'huile, car ce genre de fabrique n'existe pas dans les États-Unis.

M. Fleury estime que la France, dans une année ordinaire, reçoit 145 000 000 de kilos d'Arachides, valant 29 000 000 sur les lieux de production, et atteignant après transformation par l'industrie 50 000 000 de francs.

Les fruits sont séparés par battage et les fanes vendues comme fourrages. Le rendement moyen est de 1500 à 2000 kilos de fruits secs à l'hectare, fruits qui se vendent de 12 à 15 francs les 100 kilos. Au Sénégal, il paraît même que les noirs mangent les feuilles dans leur kouskous.

A Togo, la production des Arachides s'est accrue dans une proportion étonnante; tandis qu'en 1897-98 elle n'était que de 18 tonnes, en 1898-99 elle a été de 79 tonnes.

La culture de l'Arachide est répandue dans presque toute l'Afrique, mais son maximum se trouve sur les côtes de l'Océan, dans la Guinée, la Gambie et la Sénégambie. On la trouve dans la Colonie du Cap et dans le Natal, ainsi qu'à Madagascar, à la Réunion, Bourbon et aux Seychelles; dans les Indes, elle fait également l'objet d'un grand commerce.

L'Annam en a expédié, en 1899, 220 969 kilos à Hong-Kong.

La culture de l'Arachide n'avait pas jusqu'à ce jour attiré grandement l'attention de l'État Indépendant du Congo; la plante est cependant cultivée par l'indigène qui en fait un grand commerce; mais dans ces derniers temps, il semble que le marché

d'Anvers s'approvisionne de fortes quantités de cette marchandise et que l'État veuille l'introduire sur nos marchés belges.

De vastes champs de culture vont être établis dans la région des Cataractes, d'où on a déjà exporté, de juin à décembre 1901, environ 41 tonnes d'Arachides vendues à Anvers environ 23 francs les 100 kilos.

Dans l'Angola, l'Arachide est assez souvent cultivée par les nègres et par les colons portugais et se rencontrerait même à l'état spontané.

Au Queensland, il paraît que sa culture prend un développement qui mérite de fixer l'attention ; en Nouvelle-Calédonie elle a fait de grands progrès et l'huile que l'on peut en extraire est consommée sur place. Des essais de culture faits dans la Nouvelle-Guinée anglaise semblent devoir donner des résultats magnifiques ; les Arachides produites dans une première plantation, valent les meilleures d'autres régions.

Une grande extension a été donnée à la culture de l'Arachide aux États-Unis, où la plus grande partie des graines est encore à l'heure actuelle vendue dans les rues comme friandises ; de petites quantités sont consommées par la chocolaterie et la confiserie, et il semble que l'extraction de l'huile n'a que peu d'importance. L'Arachide se cultive du côté de l'Atlantique depuis le New-Jersey, dans la vallée du Mississipi, depuis le sud du Visconsin, du côté du Pacifique, au sud de la Colombia River.

Quant à l'origine de la plante, il semble qu'elle soit américaine ; on ne la connaissait pas, en effet, dans l'Ancien Monde avant la découverte de l'Amérique ; elle proviendrait du Brésil et pourrait bien, d'après M. Engler, directeur du Jardin botanique de Berlin, n'être qu'une forme de l'*Arachis prostrata*.

D'après le docteur Schweinfurth, la patrie de cette plante serait au contraire l'Afrique.

La composition chimique de la fève provenant des Indes a donné le pourcentage suivant :

Eau	9.6
Matières grasses	11,8
Albuminoïdes	31.9
Amidon, sucre, etc.	37,8
Cellulose	4.3
Cendres	4,6
	100,00

L'analyse des graines provenant de l'Afrique occidentale est, par contre, la suivante :

Eau	7,5
Matières grasses	50,0
Albuminoïdes	24,5
Amidon, sucre, etc.	11,7
Cellulose	4,5
Cendres	1,8
	100,0

M. Balland a publié sur l'Arachide, dans la Revue du Service de l'Intendance militaire (mars 1901), les résultats d'analyses suivants à comparer avec ceux que nous venons de donner :

	Bahr el Ghazal		Haut Oubanghi	
	Graines	Cosses	Graines	Cosses
Eau	6,50	11	7,00	9,10
Matières azotées	26,33	2,30	28,38	4,73
„ grasses	44,45	0,70	42,20	2,60
„ amylacées et extractives.	16,82	24,80	15,97	19,92
Cellulose	3,40	59,90	4,25	58,25
Cendres	2,50	1,30	2,20	5,40
	100,00	100,00	100,00	100,00

Les graines du centre de l'Afrique contiendraient donc moins de matières grasses que celles de l'Afrique occidentale.

Les prix des Arachides africaines varient de 26,50 à 35 francs les 100 kilos, suivant qu'elles sont en cosses ou décortiquées ; ce sont celles provenant du Mozambique et celles dites de Rufisque qui atteignent les plus hauts prix.

Les huiles provenant des Arachides de la Plata, du Congo et du Mozambique sont les plus blanches ; puis viennent celles des graines d'Espagne, de Cayor, de Rufisque, du Sine, du Saloum et de Galam. Quant aux graines fournies par la côte occidentale d'Afrique, depuis la Gambie jusqu'à Sierra Leone, elles donnent une huile plus colorée. L'huile n'est pas siccative, mais abandonnée à l'air pendant quelques mois elle se résinifie lentement. A 8° centigrades au-dessus de zéro, elle dépose de la margarine ; à 6° elle se fige complètement et à 3° et demi en dessous de zéro, elle se solidifie tout à fait.

L'huile d'Arachide est très employée actuellement dans l'ali-

mentation et dans l'industrie. Pour l'éclairage elle est supérieure à l'huile d'olive, l'huile de colza et l'huile de sésame. Elle donne un éclairage plus fort. Au point de vue de l'alimentation, l'huile de première pression, Cayor-Rufisque, exprimée à froid, est aussi fine que l'huile d'olive à laquelle elle est souvent mélangée et même substituée.

Cette huile a trouvé un emploi des plus important dans la fabrication du beurre d'oléo-margarine. Dans ce beurre il entre environ 50 p. c. de lait et 30 p. c. d'huile qui communique à ce beurre le goût de noisette qui caractérise la bonne huile d'Arachides du Sénégal.

Elle est également très employée dans la fabrication des savons de Marseille blancs et marbrés. C'est naturellement l'huile de qualité inférieure qui sert à cet usage.

En Hollande l'huile d'Arachide, dite de Rufisque, entre dans la fabrication des fromages.

Les tourteaux qui restent après extraction de l'huile, sont recherchés soit comme engrais, soit pour l'alimentation des animaux domestiques et donneraient une forte production de lait chez la vache.

Il s'agit, bien entendu, des tourteaux provenant de l'expression de graines d'Arachides séparées de leurs coques. Si l'huile a été obtenue par expression de la gousse entière, le tourteau n'est plus guère employé que comme engrais, très recherché pour la culture de la vigne et en Indo-Chine pour la fumure du tabac.

L'analyse du tourteau a donné en moyenne la composition suivante :

Eau	7	à 12 p. c.
Huile	5,05	à 10
Matières organiques azotées	41,72	
Azote dans ces matières	7,30	à 8
Substances organiques non azotées	32	à 33
Sels ou cendres	4	à 5
Acide phosphorique	1,33	

Il y a, en France, au moins cinquante-deux fabriques qui extraient l'huile de l'Arachide, mais sur ce nombre il n'y en a que quinze qui s'occupent spécialement de cette fabrication, travaillant avec 640 presses hydrauliques.

É. De Wildeman.

II

LA PRESSION DE LA LUMIÈRE

Des vues théoriques modernes et des expériences récentes ont ramené l'attention des physiciens sur une vieille question : La lumière exerce-t-elle une *impulsion* — disait-on jadis — une *pression* — dit-on aujourd'hui — sur la surface des corps éclairés ?

On trouve, dans les *Œuvres* d'Arago (t. VII, 447), une note intitulée *Sur l'impulsion des rayons solaires ;* et dans les Rapports présentés au Congrès international de Physique (1900, t. II, 133), un mémoire de M. Lebedeff sur la *Pression de la lumière.* Il est intéressant de rapprocher ces deux exposés qui résument l'état de la question à trois quarts de siècle de distance (1).

Leur valeur scientifique est très inégale : Arago rapproche quelques essais expérimentaux glanés çà et là dans des publications anciennes ou contemporaines ; M. Lebedeff expose ses propres recherches et le résultat important qu'il a su en tirer en dépit de difficultés multiples et très délicates. La comparaison ne montre que mieux, non seulement combien les vues théoriques relatives à la nature de la lumière se sont modifiées, mais surtout combien l'expérimentation est devenue peu à peu plus rigoureuse et plus habile.

A l'époque où la théorie de l'*émission* régnait en optique, le problème de l'*impulsion* de la lumière se posait de lui-même. On sait que, dans cette théorie, la lumière est formée de corpuscules qui voyagent le long des rayons lumineux avec une vitesse dont la première détermination remonte à Roemer (1644-1710) et qui mesure trois cent mille kilomètres à la seconde. En

(1) Voir aussi : P. Lebedeff, Wied. Ann., t. XLV, 1892, 294 ; Drude's Ann. der Physik, t. VI, 433 ; Journal de la Société physico-chimique Russe, t. XXXIII, n° 7, II, 53 (en russe) ; S. Arrhenius, *La Cause de l'aurore boréale,* dans la Revue Générale des Sciences, t. XIII (30 janvier 1902), 65 ; Schwarzschild, *Der Druck des Lichtes auf kleine Kugeln und die Arrhenius'sche Theorie der Cometenschweife* (dans Sitzungsberichte der K. B. Academie der Wissenschaften zu München, 1901, H. III).

venant échouer sur la surface des corps éclairés, ces projectiles y déposent, au moment du choc, leur force vive qui devait, semblait-il, se manifester par une *impulsion* donnée à ces corps.

On supposa qu'il en était ainsi avant de chercher à rendre cette impulsion sensible par des expériences directes ; et en dehors de toute donnée sur sa valeur, on l'invoqua, à défaut d'autre chose, dans l'interprétation de certains phénomènes dont la cause restait obscure.

La plus intéressante de ces applications est celle de Képler (1571-1630) à l'explication de l'origine de la queue des comètes. Il voit, dans cet appendice, le résultat de l'impulsion des rayons solaires, communiquée aux particules très mobiles formant la tête de l'astre errant, et qui les emporte dans la direction opposée à celle du Soleil. Détail curieux : Newton qui mit tant d'art à épuiser les ressources de la théorie de l'émission et sut lui faire porter le poids de la plupart des phénomènes lumineux connus de son temps, ne partageait pas les vues de Képler sur la genèse de la queue des comètes. Il l'attribuait à une sorte d'évaporation, provoquée par la chaleur solaire, et dont les produits dilatés se portaient, au sein d'une atmosphère plus dense, loin du Soleil, absolument comme l'air chaud et la fumée s'élèvent au-dessus de nos foyers.

L'explication de Képler ne survécut pas à la théorie de l'émission, et on a pu la croire définitivement abandonnée. “ Si la lumière était due à une émission de particules, comme Newton le supposait, dit Newcomb, dans sa *Populare Astronomy* (1881), on ne pourrait refuser à l'hypothèse de Képler une certaine vraisemblance ; mais comme, aujourd'hui, il est admis que la lumière consiste en vibrations de l'éther, on ne voit pas comment celles-ci pourraient exercer une influence motrice sur la matière. „ C. A. Young, dans sa *General Astronomy* (1900), formule un jugement analogue. Nous verrons que les théories optiques modernes se montrent plus accommodantes qu'on ne le suppose ici, et que les expériences récentes qu'elles ont provoquées donnent, de fait, aux idées de Képler un regain d'actualité.

Toutes les applications que les partisans de l'émission ont faites de l'impulsion de la lumière n'auront pas cette bonne fortune. On ne reviendra pas, par exemple, aux vues fantaisistes de Hartsaecker (1). Cet auteur, cité par Arago, rapporte, dans ses *Principes de Physique*, quelques phénomènes naturels qui

(1) Physicien hollandais, né en 1656, mort en 1725.

lui semblent des preuves manifestes de la réalité de cette impulsion. Ainsi, suivant lui, le Danube est moins rapide le matin, lorsque le courant est opposé au Soleil, que le soir, quand il se meut dans la direction des rayons de cet astre. La même cause, dit-il, servirait à expliquer certain courant que l'on observe le long des côtes, dans le " Golfe de Lyon „ ; le refoulement de la fumée des cheminées dans l'intérieur des appartements, etc., etc. " D'après ce petit échantillon, dit Arago, nos lecteurs nous dispenseront sûrement de rapporter les autres preuves par lesquelles Hartsaecker cherche à étayer son système. „

Les premières recherches expérimentales semblent avoir été celles de Boyle qui tenta de " peser la lumière „ en faisant tomber les rayons solaires sur l'un des plateaux d'une balance sensible. Le résultat fut nul.

Homberg ignorait, sans doute, ces expériences lorsqu'il signala quelques mouvements qu'il avait remarqués dans des filets d'amiante placés au foyer d'une lentille, comme des effets manifestes de l'impulsion des rayons lumineux. Il ajoute " qu'ayant poussé, par secousses réitérées, contre le bout libre d'un ressort, le *foyer* d'une lentille de douze à treize pouces ($0^m,35$) de diamètre, il vit que le ressort faisait des oscillations très sensibles, comme si on l'avait poussé... avec un bâton. „

On conçoit à peine que ces expériences aient pu mériter l'honneur d'une discussion au sein de l'Académie des Sciences, où elles en provoquèrent heureusement d'autres moins invraisemblables. Ce furent Mairan et Dufay qui se chargèrent de la critique et du contrôle. " Nous construisîmes, dit Mairan, M. Dufay et moi, une espèce de moulinet de cuivre bien mobile ; nous y fîmes tomber le foyer d'une loupe de sept à huit pouces ($0^m,16$ à $0^m,18$) de diamètre, et il n'en résulta que des trémoussements équivoques. Je me suis procuré depuis une machine plus légère et plus artistement suspendue : c'est une roue horizontale de fer, d'environ trois pouces ($0^m,08$) de diamètre, ayant six rayons, à l'extrémité de chacun desquels est une petite aile oblique, et dont l'axe, qui est aussi de fer, ne tient, par sa partie supérieure, qu'au bout d'une baguette de fer aimantée. La roue et son axe ne pèsent en tout que 30 grains (1,5 gramme). Rien n'est plus mobile que cette roue ; mais, en même temps, rien n'est moins certain que l'induction qu'on voudrait en tirer en faveur de l'impulsion des rayons. La machine tourne tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, suivant qu'on approche plus ou moins une de ses ailes du foyer, en deçà ou au delà, etc. „

Ces expériences négatives n'empêchèrent pas certains savants, d'ailleurs très habiles, de voir quand même des manifestations de cette impulsion, qui se dérobait aux recherches intentionnelles, dans mille circonstances vulgaires, entre autres dans les mouvements que manifeste un globule de métal fondu au foyer d'une loupe puissante !

Tel était l'état de la question lorsque Flaugergues imagina, en 1816, pour l'élucider une expérience qui ne pouvait que l'embrouiller davantage.

Il fixa verticalement un tuyau de fer blanc de 3,25 mètres de longueur, bouché aux deux bouts, sur le mur méridional de son observatoire. Un fil d'argent, attaché à la partie supérieure, pendait librement à l'intérieur du tuyau et supportait une boule de cuivre jaune noircie, d'environ 6 millimètres de diamètre. Un second tuyau, implanté latéralement dans le premier, était fermé, à son extrémité, par une lentille convexe de 0,10 mètre de diamètre. Le foyer de cette lentille coïncidait exactement avec la boule de métal que supportait le fil. En laissant entrer subitement les rayons solaires, à midi, par le tuyau latéral, ils devaient pousser la boule et le fil vers le nord si, comme on le supposait, ces rayons exercent une impulsion sensible. Il était facile de reconnaître si le fil s'écartait de la verticale : des ouvertures convenables avaient été ménagées dans le tuyau, et, avant d'y laisser pénétrer la lumière, on avait soin, dans chaque expérience, de s'assurer que l'image du fil passait par le point de croisement des fils du réticule adapté à un excellent microscope. Or, jamais, dit Flaugergues, l'action brusque des rayons condensés par la lentille n'a déplacé la boule ; jamais le fil n'est sorti de la verticale. Parfois seulement " on remarquait un léger trémoussement : mais cela ne durait que quelques instants, et le fil reprenait bien vite son immobilité primitive „ (1).

A coup sûr, le pendule de Flaugergues ne valait pas le levier horizontal de Mairan et Dufay ; aussi revint-on à celui-ci.

Parmi ceux qui y eurent recours pour résoudre le problème

(1) On se tromperait en mesurant la valeur de Flaugergues au poids de cette expérience. Écrivain érudit et fécond, physicien habile, astronome et météorologiste laborieux, il s'est acquis une réputation méritée. On lira avec intérêt la notice que lui a consacrée M. Bigourdan dans le Bulletin Astronomique, t. I, p. 569 et t. II, pp. 151 et 491. Elle est accompagnée d'une liste de ses publications. Arago a extrait le récit de l'expérience dont nous venons de parler du travail sur *Les Queues des comètes*, renseigné au nº 64 de cette liste bibliographique.

de l'impulsion de la lumière, il faut citer John Michell, à qui Cavendish emprunta la méthode qu'il suivit dans la détermination de la densité moyenne de la Terre, et qui imagina la *balance de torsion*, devenue, entre les mains de Coulomb et grâce à ses recherches sur la torsion des fils, l'instrument le plus délicat pour la mesure des forces très petites.

On trouve, dit Arago, dans l'*Histoire de l'optique* de Priestley (1733-1804), la description de l'appareil de Michell. Une lame de cuivre de 7 centimètres carrés, extrêmement mince, fut fixée au bout d'un fil métallique délié, d'environ 0,27 mètre de longueur. Une chape d'agate, reposant sur une pointe très aiguë, supportait le fil. Le poids total de l'appareil ne surpassait pas six dixièmes de gramme ; une boîte vitrée le mettait à l'abri des agitations de l'air extérieur. En projetant la lumière solaire sur la petite plaque de cuivre, à l'aide d'un miroir convexe de 60 centimètres de diamètre, Michell vit, à plusieurs reprises, le levier se mouvoir avec une vitesse d'environ $0^m,027$ par seconde : ce léger mouvement lui parut devoir être attribué à l'impulsion des rayons solaires. Il soumit même les résultats de son expérience à un calcul qu'Arago rectifie et qui aboutit à cette conclusion simplement curieuse : la *masse* de lumière qui heurte en une seconde la surface de 1 décimètre carré, exposée normalement à la radiation solaire, équivaut à $\frac{1}{480\,000\,000}$ de la masse d'un milligramme.

Mais ce qui est plus intéressant que l'expérience de Michell et son résultat, c'est la critique qu'en fait Arago ; on y trouve l'indication nette des deux causes d'erreur contre lesquelles il faut se mettre en garde dans ce genre d'expérience : la première est due aux *courants de convection*, provenant de l'inégalité des températures aux *différents points de l'enceinte* où l'appareil est renfermé ; la seconde a rapport aux *forces radioscopiques* provenant de l'inégalité des températures *sur les deux faces du disque éclairé*.

“ N'est-il pas plus naturel, dit Arago, de considérer „ le mouvement observé par Michell, “ comme l'effet des courants d'air qui devaient nécessairement s'établir dans l'intérieur de la boîte ? Michell nous apprend, en effet, que la température considérable qu'éprouva la petite plaque de cuivre durant ses expériences altéra bientôt sa forme et sa position, au point de la faire dévier sensiblement de la situation verticale qu'on lui avait donnée à l'origine, et qu'alors, en agissant sous l'influence du courant ascendant comme une aile de moulin à vent, au lieu de reculer

toujours devant le rayon lumineux, elle avait quelquefois un mouvement contraire et marchait, pour ainsi dire, à sa rencontre. Au reste, lors même qu'on voudrait admettre que la plaque de cuivre était à l'origine parfaitement verticale, et qu'il ne se produisait pas de courant d'air dans la boîte, on expliquerait encore d'une manière fort naturelle le mouvement dont parle Michell, en remarquant, comme l'a déjà fait le docteur Thomas Young, que l'air étant plus échauffé sur la face où tombait la lumière que sur la face opposée, cet excès de température devait produire, du même côté, un excès de pression, et, par suite, un mouvement rétrograde dans le levier. „

Enfin, le manuel opératoire fait un dernier progrès entre les mains de Bennet (1) qui suspend le levier de Michell, *dans le vide*, à un fil sans torsion. " A l'extrémité d'un fil d'or très fin, de trois pouces (0,076^{m}) de long, et suspendu dans un cylindre de verre par un fil d'araignée, j'attachai, dit ce savant, un petit morceau circulaire de papier à écrire. Je fis tomber alors le foyer d'une large lentille sur le papier, afin de voir si l'impulsion des rayons solaires ne le déplacerait pas ; quoique cette expérience ait été souvent répétée, et qu'une fois même j'aie fait le vide dans le récipient, il ne m'a pas été possible d'apercevoir d'autres mouvements que ceux qui étaient l'effet de la chaleur (Philos. Trans., 1792, p. 87). „

En terminant sa note, Arago rappelle les expériences de Bennet sur l'absence presque absolue de " l'effet de la force de torsion „ dans des fils d'araignée, longs de quelques centimètres, auxquels on avait fait faire jusqu'à 18 000 révolutions sur eux-mêmes, et il ajoute : " On ne saurait désormais rien faire de concluant sur la question de l'impulsion de la lumière, si ce n'est *dans le vide* et à l'aide de la *balance de torsion* „. C'est bien à ce point que M. Lebedeff reprendra la question, un siècle après Bennet.

L'insuccès des expériences destinées à manifester l'impulsion de la lumière sembla fournir un argument contre le système de l'émission ; mais on en abusait manifestement en répétant, avec Franklin, que, dans ce système, les plus petites parties de la matière lumineuse devaient " être douées d'une force supérieure à celle d'un boulet de canon de vingt-quatre „.

(1) Expérimentateur habile auquel on doit (1787) l'électroscope à feuilles d'or et le multiplicateur à trois plateaux, destiné à condenser de faibles charges électriques.

D'ailleurs, tous les adversaires du système de l'émission n'invoquaient pas cet argument négatif en faveur de la théorie ondulatoire ; et il faut rappeler ici qu'un des partisans les plus autorisés de cette théorie, au XVIIIe siècle, L. Euler, soutint que les vibrations lumineuses exercent une *pression* sur les corps éclairés. Il chercha, mais sans succès, à justifier cette conception, qui fut bientôt abandonnée. On ne saurait s'en étonner : si l'existence de l'*impulsion* de la lumière, dans le système de l'émission, paraît évidente, rien ne l'est moins, *à priori*, que l'existence de la *pression* de la lumière, dans la théorie ondulatoire.

On sait que jusqu'au jour où Fresnel fit rentrer dans cette théorie les phénomènes de polarisation, en supposant les vibrations lumineuses *transversales*, on s'accordait à y voir des ondulations *longitudinales* de l'éther, s'accompagnant de condensation et de dilatation, et absolument analogues à celles qui propagent le son *dans les milieux pondérables*. Telle était l'opinion de L. Euler. Un problème *voisin* de celui qu'il s'était posé pour la lumière, s'offrait donc aux physiciens pour le son, mais *dans des conditions bien différentes*.

Le son, nous venons de le rappeler, a pour véhicule la *matière pondérable* : on conçoit que la matière pondérable en mouvement puisse mettre en mouvement la matière pondérable. Mais la lumière a pour support l'*éther* ; ses relations avec la matière grossière qui s'y trouve plongée peuvent-elles donner naissance à des forces *pondéromotrices*, ayant leur siège dans l'éther et leurs points d'application dans la matière pondérable ? La réponse est malaisée ; si l'adjectif " longitudinales ", accolé jadis aux ondulations lumineuses, peut paraître, à première vue, présenter le problème de la pression de la lumière dans des conditions plus faciles, un instant de réflexion suffit à nous convaincre qu'en le remplaçant par l'adjectif " transversales ", Fresnel n'a pas évidemment simplifié la question, mais n'a rien ajouté non plus à sa difficulté.

Quoi qu'il en soit, on comprend que le problème ait été abordé, ou au moins résolu pour les *ondes sonores*, avant de l'être pour les *ondes lumineuses*. Rappelons en passant, mais sans y insister pour ne point sortir de notre sujet, les travaux théoriques, les recherches expérimentales et les appareils acoustiques de rotation de V. Dvorak, où la *pression des ondes sonores* est étudiée et manifestée (1).

(1) On trouvera le résumé de ces travaux, avec des indications biblio-

Le problème optique correspondant était abandonné, avons-nous dit, depuis Euler lorsque Maxwell le fit revivre dans son exposé de la théorie électromagnétique de la lumière. Il est impossible, sans l'appareil mathématique, de donner autre chose qu'une simple indication sur la manière dont ce problème s'introduit dans cette théorie.

On sait que les aiguilles magnétiques et les conducteurs électrisés placés dans l'air, par exemple, s'attirent ou se repoussent, manifestant ainsi leur qualité d'être aimantés ou électrisés par des *mouvements de la matière pondérable*. Eh bien, Maxwell montre que ces forces électromagnétiques, qui se présentent à nous comme des *forces mécaniques, pondéromotrices*, d'attraction et de répulsion, dans un milieu doué de polarisation électrique ou magnétique, *interviennent nécessairement dans un faisceau lumineux* et ont pour effet de soumettre la surface des corps éclairés à une pression, dont on peut estimer la valeur quand on connaît l'énergie incidente (1).

D'autre part, par une voie toute différente, et sans avoir connaissance, semble-t-il, du résultat de Maxwell, Bartoli est arrivé à la même conclusion (2). Ici le principe de la démonstration est emprunté à la thermodynamique : Bartoli indique des cycles qui permettraient, au moyen de surfaces réfléchissantes mobiles, de faire passer de l'énergie rayonnée d'un corps froid sur un corps chaud, et il calcule la dépense de travail qui est la condition nécessaire de ce passage, en vertu du principe de Carnot. Cette dépense de travail s'explique si l'on suppose que les surfaces réfléchissantes éprouvent une *poussée* de la part des radiations qu'elles reçoivent et engendrent dès lors un travail en se déplaçant. C'est par une méthode semblable que Boltzmann (3), le prince Galitzine (4) et Ch.-Ed. Guillaume (5) ont aussi abordé le problème et calculé, comme Maxwell et Bartoli l'avaient fait, la valeur de ces *pressions*.

graphiques dans la collection du JOURNAL DE PHYSIQUE ; voir, en particulier, seconde série, t. II, p. 465.

(1) *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. II, nos 792 et 793 de la traduction française (1889).

(2) EXNER'S REP. DER PHYSIK, t. XXI, 1884, p. 198 ; et NUOVO CIMENTO, t. XV, 1883, p. 195.

(3) WIED. ANNAL., t. XXII, 1884, pp. 33, 616.

(4) WIED. ANNAL., t. XLVII, 1892, p. 479.

(5) SÉANCES DE LA SOC. FRANÇAISE DE PHYSIQUE, année 1894, 3e fascicule, p. 161 ; et ARCHIVES DE GENÈVE, t. XXXI, 1894, p. 121.

Elles sont extrêmement faibles : un faisceau de rayons solaires, tombant normalement sur une surface de 1 mètre carré, exercerait, d'après Maxwell et Bartoli, une pression qui, pour une surface *absorbante* noire, serait de 0,4 milligramme et pour un *miroir* 0.8 milligramme (1). " Un corps plan exposé à la lumière solaire, subirait cette pression, dit Maxwell, sur sa face éclairée et serait ainsi repoussé loin de la source lumineuse. Il est probable que l'on pourrait obtenir une bien plus grande énergie de radiation en concentrant les rayons d'une lampe électrique. De pareils rayons, tombant sur un disque métallique léger, suspendu d'une manière très sensible au milieu d'un espace vide, pourraient peut-être déterminer un effet mécanique appréciable. „

Ces conclusions théoriques appelaient le contrôle d'une expérience directe, mieux dirigée et plus précise que les expériences anciennes que nous avons rappelées. Zöllner (2) et Bartoli *(mém. cité)* l'avaient tentée sans résultat positif, lorsque M. Lebedeff y mit la main.

Une démonstration expérimentale de l'existence des forces pondéromotrices de Maxwell-Bartoli se heurte à de graves difficultés. L'expérience nous apprend que, sur les corps soumis au rayonnement, agissent d'autres forces qui ont pour siège les gaz et les vapeurs qui les entourent, et qui peuvent, dans certaines circonstances, surpasser de beaucoup les forces Maxwell-Bartoli. Nous avons vu qu'Arago les signalait aux physiciens de son temps et qu'il les rattachait à deux genres d'actions différentes. En premier lieu, ce sont les courants de *convection* prenant naissance au sein de l'air contenu dans l'enceinte qui renferme l'appareil de mesure, pour peu qu'en tous ses points ne règne pas la même température. Ce sont, en second lieu, les forces *radiométriques*, entrevues par Young, mais mises nettement en lumière et étudiées longtemps après lui par sir W. Crookes. Ces

(1) La formule qui donne la pression p d'un faisceau de rayons parallèles tombant normalement sur une surface plane a pour expression (Lebedeff),

$$p = \frac{E}{v}(1 + \rho)$$

où E est l'énergie incidente, v la vitesse de propagation de la lumière, et ρ le pouvoir réfléchissant de la surface : ρ varie de 0, pour un corps noir, à 1 pour un miroir parfait. Pour les rayons solaires, E vaut 0,01241 kg. par cm^2 et par seconde, soit 1241×10^5 milligrammes par m^2.

(2) Pogg. Ann., t. CLX, 1877, p. 155.

forces ont leur origine dans les *différences de température* entre la face éclairée du corps et celle qui reste dans l'ombre ; elles dépendent de la *courbure* de la surface et du *voisinage immédiat* d'autres surfaces. Si l'on veut pouvoir mettre en évidence la pression due à la lumière par un procédé analogue à celui de Michell, il faut à tout prix réduire autant que possible ces forces perturbatrices et se ménager les moyens d'éliminer les traces de leur influence qui pourraient rester encore dans les données des observations.

Or, plus le récipient qui entoure la balance de torsion sera de grandes dimensions et moins il contiendra de gaz, plus la convection et les forces radiométriques seront diminuées. M. Lebedeff enferme donc son appareil dans un ballon de 20 cm. de diamètre, et il y fait le vide autant que possible à l'aide d'une pompe Sprengel.

A l'intérieur du ballon, il a suspendu, à un mince fil de torsion en verre, un équipage très léger, portant deux paires d'ailettes en tôle de platine. Ces ailettes sont formées de quatre disques circulaires de 5 mm. de diamètre, dont les centres sont à 10 mm. de l'axe de rotation. L'un des disques de chaque paire est poli sur les deux faces, l'autre est platiné des deux côtés, par voie électrolytique, et recouvert ainsi d'une couche noire ; les deux paires d'ailettes ne diffèrent entre elles que par l'*épaisseur* de leurs disques respectifs : elle mesure 0,10 mm. pour la première et 0,02 mm. pour la seconde. L'équipage porte un petit miroir permettant d'observer, avec une lunette et une échelle graduée, l'angle de torsion du fil de suspension. La source lumineuse est une lampe à arc (30 ampères), placée au foyer d'une lentille collimatrice et dont les rayons, rendus ainsi parallèles, sont dirigés, par un système convenable de miroirs plans, sur une seconde lentille condensatrice qui les rassemble sur la surface du disque que l'on veut éclairer.

Pour éliminer ce qui pourrait rester des forces perturbatrices de la *convection,* on fait tomber alternativement, par le simple déplacement d'un double miroir plan, le même faisceau sur les deux faces de l'ailette soumise à l'expérience : la *différence* des écarts, dans les deux cas, est indépendante de la convection.

Pour achever d'éliminer les forces *radiométriques,* on compare l'effet obtenu en éclairant les disques *épais* avec celui que donne l'éclairement des disques *minces.* Les différences de température des deux faces d'un même disque, et par suite les forces radiométriques qui en dépendent, sont, pour les disques

épais, cinq fois plus grandes que pour les disques minces. Un calcul simple permet de déduire, des écarts observés, celui qu'aurait donné un disque infiniment mince pour lequel les différences des températures des deux faces et, par suite, les forces radiométriques, sont nulles.

Dans ces conditions, M. Lebedeff met en évidence l'existence d'une *pression* spéciale due à la radiation et deux fois plus grande, à peu près, pour les ailettes réfléchissantes que pour les ailettes absorbantes.

Reste à *mesurer* cette pression en unités absolues, et à la comparer à sa valeur théorique calculée par Maxwell et Bartoli. On y arrive en évaluant d'une part l'*énergie incidente*, d'autre part les *forces mécaniques* développées par la torsion du fil. Pour mesurer l'énergie incidente, on remplace le ballon par un calorimètre dont la surface extérieure, noircie, absorbe l'énergie qui tombait précédemment sur l'ailette. Pour mesurer les forces mécaniques, on estime le couple de torsion du fil, par la méthode de Coulomb, en évaluant la durée d'oscillation de ce fil portant une charge dont on connaît le moment d'inertie.

Voici la conclusion finale de tout ce travail : " L'expérience montre qu'un faisceau lumineux incident exerce sur les surfaces planes, absorbantes et réfléchissantes, des pressions qui, aux erreurs près d'observation, sont *égales* aux valeurs calculées par Maxwell et Bartoli ".

M. Lebedeff déduit de là cette conséquence : La *répulsion* due à la pression qu'exerce le faisceau de rayons envoyé par le Soleil, sur un corps sphérique de rayon r et de densité δ, doit se déduire de l'*attraction* exercée par le Soleil sur ce corps. On trouve, en supposant le diamètre $2r$ supérieur à la longueur d'onde de la lumière incidente, que la résultante de ces deux forces est égale au produit de l'attraction par le facteur

$$1 - \frac{1}{10\,000\, r\, \delta}.$$

Il en résulte que pour un corps peu dense et très petit, l'attraction peut être réduite dans une proportion considérable et même que la résultante peut être une répulsion. Ceci peut se réaliser sans que la densité δ soit faible; il suffit que le rayon r soit suffisamment petit, *sans l'être trop*. D'après M. S. Arrhénius et le Prof. Schwarzschild, la *pression fait équilibre à la gravitation*, pour un corpuscule sphérique de densité égale à celle de l'eau et

dont le diamètre mesure 1,5 μ ; la *pression* commence à l'emporter dès que le diamètre est inférieur à ce nombre ; l'excès de la pression sur la gravitation va d'abord en augmentant à mesure que le diamètre $2r$ diminue, pour décroître ensuite et *s'annuler* quand $2r = 0{,}07\ \mu$, d'après Schwarzschild. Si le diamètre continue à décroître, la pression *diminue* rapidement et la gravitation reprend et conserve le dessus.

Si l'on fait abstraction des phénomènes spéciaux qui se présentent quand les corpuscules ont des dimensions comparables aux longueurs d'onde de la lumière incidente, il est aisé de se rendre compte de l'avance que prend, au début, la pression sur l'attraction.

Lorsque le rayon r d'une sphère diminue, son volume, $\frac{4}{3}\pi r^3$, et par suite sa masse et toutes les actions qui en dépendent, comme la pesanteur et l'attraction, diminuent beaucoup plus rapidement que sa surface $4\pi r^2$ et, par conséquent, que les actions qui dépendent de la surface, comme la poussée, la pression de la lumière, etc. ; en sorte que, pour des corps de plus en plus petits, ce sont les actions de surface qui tendent à prendre le dessus et finissent par régir la marche du phénomène apparent. C'est ainsi que des gouttelettes de mercure déposées sur un plan de verre s'aplatissent si elles sont trop grosses, sous l'influence dominante de leur poids, et se façonnent en sphères, si elles sont très petites, sous l'action victorieuse de la tension superficielle. C'est grâce à un conflit analogue, entre la pesanteur d'une part et la poussée et la résistance du milieu d'autre part — actions de surface — que les poussières très fines tombent dans l'air avec une extrême lenteur ; et il serait aisé de multiplier ces exemples.

Revenons aux conclusions de M. Lebedeff.

Il pense que la répulsion provenant de la radiation solaire peut intervenir comme facteur important dans les destinées des comètes, si ce que nous appelons sa tête ou son noyau est un amas de *météorites* de dimensions variées, ni trop grandes, ni trop petites. La pression due à la radiation y opérerait un triage et les obligerait, selon leurs tailles, à suivre des trajectoires différentes : les plus gros fragments pourront suivre l'orbite parabolique ou elliptique du noyau sous l'influence prépondérante de l'attraction ; les plus fins seront poussés en sens opposé à la direction du soleil sous l'action prédominante de la pression de la lumière ; les autres s'éparpilleront entre ces limites

extrêmes. Une comète périodique pourrait se transformer en un anneau de météorites, avec une agglomération principale dont la période de révolution ne peut être calculée faute de données précises sur la grandeur et la masse des éléments qui composent l'amas principal. Telle serait, peut-être, la cause de l'impossibilité de calculer l'orbite des *Biélides*. Bref, plusieurs des particularités de l'aspect et de la transformation des comètes, révélées par l'observation, trouveraient dans la pression des rayons solaires, sinon une explication adéquate, au moins l'indication nette et précise d'un des facteurs qui peuvent contribuer à la fournir (1).

Et nous voilà ramenés à notre point de départ, aux vues de Képler sur la formation de la queue des comètes. Mais combien l'hypothèse a changé d'aspect ! Ce qui n'était à l'époque de l'illustre astronome qu'une conjecture, sans base expérimentale, repose aujourd'hui sur l'accord de conclusions théoriques solidement assises et de résultats d'expériences admirablement conduites.

J. Thirion, S. J.

III

TOUTE ACTIVITÉ SE RÉDUIT-ELLE AU MOUVEMENT ET A LA FORCE ?

C'est là une question fort ancienne, mais si ancienne qu'elle soit, elle semble toujours conserver la même attraction pour les penseurs. On ne l'abandonne jamais pour toujours ; chaque nouveau progrès des sciences physiques ou biologiques la ressuscite et lui donne une nouvelle actualité.

M. Vignon n'a pas échappé à ce charme et dans une confé-

(1) La pression de radiation est peut-être aussi le principal agent de la répulsion loin du Soleil des filaments de corpuscules incandescents de la couronne ; comme l'énergie de la radiation solaire est diminuée lors d'un maximum des taches, la pression de la radiation doit l'être parallèlement, et les filaments doivent être moins étendus, ce qui est conforme aux faits observés. Voir C. Nordmann. *Explication de divers phénomènes célestes par les ondes hertziennes*, dans les Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris, t. CXXXIV (3 mars 1902), p. 530.

rence donnée à la Société Zoologique de France (1), il traite après tant d'autres de la question de la force.

Les conclusions auxquelles il arrive sont faciles à énoncer :

1° Dans l'univers matériel, toute activité ne se réduit pas à des mouvements, et tous les phénomènes ne consistent pas en simples échanges de mouvements ;

2° Outre les mouvements, il faut admettre des forces ;

3° Ces forces ne sont pas toutes identiques; non seulement les corps simples, mais les substances chimiques complexes ont des *forces spécifiques ;*

4° Les êtres vivants ont également des forces spécifiques, et celles-ci suffisent à expliquer les phénomènes vitaux.

Examinons ces différentes conclusions.

Dans des matières si délicates, le désaccord est permis. Aussi ne s'étonnera-t-on point que, si nous admettons une partie de la théorie de M. Vignon, nous fassions des réserves sur certaines de ses assertions.

Dans son dernier discours présidentiel à l'Académie de Belgique, le lieutenant-général De Tilly (2) a considéré les idées de mouvement et de force dans ce qu'elles ont de plus abstrait. Nous n'irons pas à ces profondeurs. Nous nous contenterons des données admises par tous les savants, sans examiner jusqu'à quel point elles relèvent du raisonnement pur ou de l'expérience.

Comme nous l'avons vu, la première conclusion de M. Vignon nous dit que les phénomènes matériels ne peuvent s'expliquer par de simples échanges de mouvements.

Un boulet de canon, lancé à pleine vitesse, vient frapper une épaisse plaque de blindage. Son mouvement semble s'éteindre. Il n'en est rien cependant. Car le boulet et la plaque se sont échauffés. Or la chaleur ainsi produite, qu'est-elle sinon du mouvement ? Le mouvement de translation a cessé, mais à ce mouvement a succédé un mouvement de vibration des particules matérielles des deux corps, et c'est ce mouvement qui, agissant sur nos organes, s'y révèle par la sensation de chaleur.

Cette chaleur va se dissiper à son tour ; le mouvement ne cesse pas cependant. Si la chaleur se dissipe, c'est que les particules primitivement échauffées communiquent leurs vibrations aux particules voisines qui se mettent à vibrer à leur tour, et ce mouvement se transmettant de proche en proche est capable de se propager jusqu'aux confins de l'Univers.

(1) *La notion de force, le principe de l'énergie et la biologie générale.* Paris, Société Zoologique de France.

(2) Bulletin de la Classe des Sciences. 1901, p. 779.

La chaleur est donc du mouvement. Et il en va de même des autres phénomènes. Qu'est-ce que le son, sinon du mouvement ? qu'est-ce que la lumière ? du mouvement ; qu'est-ce que les phénomènes électriques ? du mouvement.

Tout est mouvement, et le mouvement ne se perd pas.

Tout cela est très vrai, si on se contente d'une appréciation un peu grossière. Mais il y a des distinctions à faire, si on entre dans l'analyse des phénomènes.

Pour rendre nos explications plus aisées, nous supposerons toujours dans la suite que les corps dont nous parlons sont tous identiques, tous placés à la file sur une ligne droite et que tous les mouvements s'exécutent suivant cette droite dans un sens ou dans l'autre.

Il importe maintenant de bien définir l'opinion que de commun accord avec M. Vignon nous voulons réfuter.

Soient deux billes d'ivoire parfaitement égales. Animons-les de vitesses qui diffèrent soit par le sens soit par la grandeur, et supposons qu'elles viennent à se choquer. Ce choc arrivera infailliblement si, par exemple, elles vont à la rencontre l'une de l'autre, ou bien si celle qui se meut le plus vite est derrière l'autre dans le sens du mouvement.

La mécanique démontre qu'après le choc, au moment où les deux billes se sépareront, elles auront complètement échangé leurs mouvements, et un observateur non averti pourrait croire que les deux billes se sont traversées l'une l'autre et ont continué leur chemin.

Voilà un exemple d'échange complet de mouvement, d'échange complet d'énergie *cinétique* pour parler le langage de la mécanique.

La question qui se pose est celle-ci : Y a-t-il toujours échange parfait d'énergie cinétique dans l'univers ?

Rappelons seulement que l'énergie *cinétique*, appelée aussi *force vive*, se calcule en multipliant la moitié de la masse par le carré de la vitesse. Elle est tout à fait différente de la *quantité de mouvement* qui est égale au produit de la masse entière par la vitesse simple.

S'il n'y avait qu'un corps dans l'univers, il conserverait toujours, en vertu de l'inertie, la même vitesse ; dès lors, sa quantité de mouvement et son énergie cinétique resteraient constantes.

Il en irait de même dans un univers composé de tant de corps qu'on veut, mais sans influence l'un sur l'autre.

Mais dans notre univers, nous voyons que la présence d'un corps modifie la vitesse des autres corps, et de là résultent des augmentations ou des diminutions de vitesse qui, rapportées à l'unité de temps, sont appelées des *accélérations*, positives ou négatives.

Il est une loi qui s'observe partout, quel que soit le nombre de corps : c'est que la somme des quantités de mouvement reste toujours la même ; ce qui revient à dire que si la vitesse vient à diminuer quelque part, elle augmente d'une quantité égale ailleurs. En d'autres termes, la somme des accélérations est toujours nulle.

N'oublions pas toutefois que par hypothèse tous nos corps sont identiques et marchent sur la même droite. N'oublions pas non plus qu'il s'agit toujours ici de sommes algébriques et de compensations algébriques.

C'est précisément parce que la quantité de mouvement est algébrique, qu'elle peut rester la même.

Mais l'énergie cinétique, elle, ne peut pas donner lieu à une distinction entre quantité algébrique et quantité arithmétique. Elle est nécessairement une quantité arithmétique, car elle se constitue d'une somme de carrés ; or les carrés sont toujours positifs et leur somme ne peut être qu'une quantité arithmétique.

Aussi nous disons que, si les mouvements peuvent toujours s'échanger au point de vue de leur quantité, ils ne peuvent pas toujours s'échanger au point de vue de leur énergie. La quantité de mouvement reste toujours la même dans l'univers que nous considérons ; la somme des énergies cinétiques au contraire y peut varier.

Soient deux corps qui marchent l'un vers l'autre avec des vitesses égales. Ils sont de plus soumis à cette loi qu'à mesure qu'ils se rapprochent, leur vitesse diminue. Je ne dis pas qu'ils se repoussent, pour ne pas avoir l'air de supposer une force. Je me contente ici de la simple constatation des phénomènes. La quantité algébrique de mouvement restera toujours la même ; elle sera toujours nulle.

Mais la somme des énergies cinétiques subira des fluctuations considérables. Elle pourra d'abord être très grande, si les vitesses initiales étaient grandes; mais peu à peu elle diminuera et se réduira même à zéro à une certaine distance qui dépendra de la loi de diminution des accélérations.

De ce simple exposé, il semble que je pourrais déjà déduire non seulement la première des conclusions de M. Vignon, c'est-

à-dire que tout ne se réduit pas à des échanges de mouvements dans le sens arithmétique d'échange, mais aussi la seconde, c'est-à-dire l'existence de forces réelles.

En effet nous venons de voir que nos deux corps, animés au début de vitesses initiales très grandes, à la fin s'arrêtent.

Cependant ils ne sont pas dans le cas de deux corps qui auraient toujours été immobiles. Car il y a un autre principe qui domine l'univers et qui s'énonce en disant que la quantité *totale* d'énergie — non pas la quantité d'énergie cinétique — ne varie pas. Ce principe, traduit en langage vulgaire, signifie que ces deux corps quoique ayant perdu du mouvement peuvent le récupérer, et dès que de nouveau ils seront arrivés à la distance où ils étaient primitivement, ils auront juste la même énergie cinétique qu'au début.

Il reste donc dans les deux corps, quoique immobiles à l'instant considéré, quelque chose de leur mouvement antécédent. Ce quelque chose, qui n'existe pas dans des corps qui auraient toujours été immobiles, s'exprime dans le langage de la mécanique par deux termes, celui de *force* en tant qu'on le considère comme la *cause* du mouvement, et celui d'*énergie potentielle* en tant qu'on considère l'*effet* qu'il est apte à déterminer et qui est équivalent à reproduire l'énergie cinétique détruite.

Mais notre raisonnement semble fondé sur une supposition gratuite, l'action à distance de deux corps. Or l'action à distance n'est guère plus vraisemblable que l'horreur du vide. Aussi semble-t-elle rejetée aujourd'hui par la majorité des physiciens, et, comme l'a fait remarquer Hirn, Newton lui-même l'a traitée d'absurdité (1).

Je prends un tube ouvert aux deux bouts ; je l'arme à ses deux extrémités de deux pistons mobiles. Une ouverture pratiquée au milieu du tube permet de le mettre en relation avec une pompe aspirante et foulante.

Quand la pompe aspire, les deux pistons se rapprochent ; quand la pompe foule, ils s'écartent.

Mais dans le premier cas il n'y a pas d'attraction à distance des deux pistons l'un sur l'autre, pas plus qu'il n'y a répulsion dans le cas contraire. Il n'y a aucune force s'exerçant directement entre les deux pistons.

Les mouvements des deux corps ne sont pas dus à de simples

(1) A. Cornu, *Les forces à distance et les ondulations.* ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES, 1896.

forces ; ils dépendent d'un échange d'énergie cinétique entre chacun des pistons et les particules d'air qui viennent choquer dans un cas la face interne, dans l'autre la face externe des pistons.

On sait en effet que dans l'air, comme dans tout gaz, les molécules sont animées d'une vitesse prodigieuse. Elles viennent frapper les deux faces du piston. Si l'air se trouve à une égale pression sur les deux faces, le nombre de molécules choquantes est alors égal de part et d'autre et le piston reste immobile. Si au contraire la pression diminue sur la face interne, comme dans le cas de l'aspiration, le nombre des molécules est prépondérant sur la face externe et le piston se meut vers l'intérieur. Pour la même raison il se mouvra vers l'extérieur, quand la pression intérieure sera la plus forte.

Il semble donc inutile de recourir à des forces : le mouvement du piston est emprunté au mouvement des particules gazeuses.

Nous répéterons ici ce que nous avons déjà dit plus haut. La théorie des échanges de mouvements explique le phénomène dans ses grandes lignes, mais pas dans ses détails.

De deux choses l'une : ou bien les particules d'air conservent encore leur vitesse prodigieuse quand elles arrivent au contact du piston, ou bien elles ne la possèdent plus.

Si elles la possèdent encore, elles pénétreront dans la matière même du piston et il y aura ce phénomène étrange de la compénétration de deux corps. En effet, si un corps animé d'une grande vitesse en rencontre un autre animé d'une vitesse moindre dans le même sens, il arrivera une de ces deux choses : ou bien il changera *subitement* de vitesse, ce qui est contraire au principe de continuité qui veut que les vitesses diminuent graduellement ; ou bien il se ralentira seulement infiniment peu, et alors il dépassera le corps à vitesse moindre ; mais pour le dépasser il faut évidemment qu'il le traverse et il y aura compénétration, comme nous l'avons affirmé.

La seconde hypothèse énoncée plus haut est donc la seule possible : les particules gazeuses qui sont au contact du piston ont perdu leur énorme vitesse et ne possèdent plus qu'une vitesse différant infiniment peu de celle du piston.

Si l'on supprime l'action à distance, la seule manière dont on puisse concevoir les échanges de mouvements est celle-ci — nous prendrons le cas de l'aspiration et nous supposerons le vide fait dans le tube :

A partir de la face externe du piston jusque dans l'atmosphère

ambiante se trouvent des couches continues de molécules. Les couches les plus éloignées du piston sont animées de ces vitesses extraordinaires attribuées aux molécules gazeuses par les partisans de la théorie cinétique des gaz. A mesure que les couches se rapprochent du piston, leurs vitesses diminuent d'une manière continue, et au contact du piston se trouve une couche avec une vitesse différant infiniment peu de celle du piston.

Chaque couche communique à la couche suivante son excès infiniment petit de vitesse, et c'est ainsi que peu à peu s'accélère la vitesse du piston lui-même.

Il se fait donc ici un flux de vitesse, comme il se fait un flux de chaleur dans une barre chauffée à un de ses bouts.

De cette manière, il y a en réalité des échanges d'énergie cinétique, mais n'y a-t-il que cela ? En d'autres termes, ces échanges se font-ils sans perte ni gain ? car s'il y a perte ou gain, comme l'énergie totale doit rester la même, il faudra de nouveau recourir à des gains et des pertes d'énergie potentielle et par conséquent à des forces.

Le problème est donc celui-ci. Plusieurs corps sont en présence, les uns accélérant leur mouvement, les autres le retardant. Peut-il se faire que si on calcule à tout moment la somme des énergies cinétiques, on la trouve toujours constante ?

C'est là une question de calcul intégral, puisque nous supposons que ces corps n'agissent pas à distance et forment dès lors un tout continu. Mais dans des cas particuliers on peut sans calcul intégral résoudre des problèmes relatifs au continu.

En voici un.

J'ai une file continue de molécules parfaitement identiques. Les vitesses de chacune d'elles décroissent d'une manière continue depuis la première qui a une vitesse 2 dans le sens de la file jusqu'à la dernière qui a une vitesse 0. Le point milieu a une vitesse 1.

Dans notre univers, la quantité de mouvement reste toujours la même. Or, dans un tel système, on démontre très aisément que si la somme des énergies est constante pour le mouvement absolu, elle le sera aussi pour le mouvement relatif à un spectateur transporté parallèlement à la file de molécules avec une vitesse uniforme. Non pas que la somme des énergies cinétiques soit la même dans le mouvement absolu et dans le mouvement relatif, mais dans chacun des deux systèmes elle restera constamment la même.

Le centre de gravité d'un ensemble de corps a toujours un

mouvement uniforme. Or le centre de gravité de notre file de molécules est évidemment son point milieu. Plaçons donc là notre spectateur.

Quand il regarde les molécules, il les voit toutes se diriger vers lui de part et d'autre. Au début les molécules extrêmes ont une vitesse égale 1 en valeur absolue, les autres ont des vitesses de plus en plus petites, et celles qui sont voisines du spectateur sont à peu près immobiles.

Mais les molécules les plus éloignées à mesure qu'elles tentent d'avancer rencontrent de la résistance de la part des molécules intermédiaires, celles-ci de la part des molécules plus voisines du spectateur, et ainsi de suite : car le point où se trouve le spectateur reste immobile et arrête tous les mouvements.

Toutes les vitesses doivent donc tendre à diminuer en valeur absolue ; dès lors, il est impossible que la somme de leurs carrés qui entre dans l'estimation de l'énergie cinétique reste constante.

Or, si elle ne reste pas constante dans le mouvement relatif, elle ne restera pas constante non plus dans le mouvement absolu.

Il faudra donc admettre une transformation d'énergie cinétique en énergie potentielle, et celle-ci se manifestera dans la seconde phase du phénomène ; car après la contraction de la file suivra une dilatation qui rétablira l'énergie cinétique.

Une autre preuve de la variabilité de l'énergie cinétique résulte du fait que les accélérations dépendent uniquement des distances et non des vitesses actuelles des mobiles.

Ce principe ne suppose pas l'action à distance ; il se réduit à cette simple constatation que si dans un certain système de corps tous les points se retrouvent aux mêmes distances réciproques où ils étaient auparavant, leurs accélérations restent les mêmes, quelle que soit la vitesse dont ils sont animés.

Ce sera donc vrai aussi si les corps sont tous au repos. Dès lors, les corps même au repos prendraient des accélérations, en d'autres termes se mettraient en mouvement, et dès lors leur énergie cinétique qui était nulle au début prendrait immédiatement une certaine valeur.

A moins donc de nier la généralité du principe qui relie les accélérations aux distances mutuelles, il faut admettre des variations d'énergie cinétique dans l'univers.

Toute l'activité des corps matériels ne peut donc consister dans des échanges simples d'énergie cinétique. La première conclusion de M. Vignon nous paraît donc parfaitement exacte.

Elle amène nécessairement la seconde, si on admet le principe de la conservation de l'énergie.

Un système de molécules isolé qui a possédé une certaine quantité d'énergie cinétique, est apte à la manifester de nouveau. S'il ne l'a pas possédée, il est incapable de la manifester.

Il y a donc une différence entre l'état *actuel* des molécules individuelles, suivant qu'elles ont été chargées *auparavant* d'énergie cinétique ou non. Elles n'ont pas les mêmes propriétés et cette propriété qu'elles conservent à l'état latent, après l'état de mouvement, est ce que nous nommons la *force* et, à un autre point de vue, l'*énergie potentielle.*

Une molécule matérielle ne peut entrer en mouvement si elle n'est en présence d'une autre molécule matérielle. Il y a donc une influence de cette seconde molécule sur la première. Quelle est la nature de cette influence, nous ne le savons. Tout ce que nous pouvons en dire, d'après ce que nous avons démontré précédemment, c'est qu'elle ne se réduit pas à un simple échange de mouvement.

Toutes les molécules à un instant donné pourraient être au repos et cependant l'instant d'après pourraient être en mouvement. Ce qui détermine le passage de l'état de repos à l'état de mouvement, est une force. Ce mot a été ensuite étendu à tout ce qui peut modifier le mouvement.

Si nous ne connaissons pas les forces en elles-mêmes, nous en avons cependant quelque idée par les effets qu'elles exercent sur nous. Car bien que certains savants dénient toute autorité à l'observation interne, nous connaissons mieux ce qui se passe en nous que ce qui se passe en dehors de nous.

Si un poids est déposé sur ma main, j'éprouve une sensation de *pression.* Il est bien clair qu'une table sur laquelle serait déposé le même poids n'éprouverait aucune sensation semblable. Mais je dirai cependant aussi qu'elle subit une pression. Tout comme je dis que cette table est rouge ou bleue, quoique d'après la majorité des savants les couleurs n'existent pas en dehors de nous. Ce que je veux dire, c'est qu'elle a une qualité qui détermine chez moi la sensation de rouge ou de bleu. De la même manière, dire qu'un objet éprouve une pression c'est dire que si j'étais dans les mêmes conditions j'en éprouverais une.

Je n'insisterai pas sur l'utilité d'employer des expressions qui soient fausses, pourvu qu'on les sache fausses. Combien le langage serait empêtré si on ne pouvait plus donner aux objets la qualité de bleu, de rouge, etc. Ces images soutiennent l'attention, comme les figures de géométrie, tout incorrectes qu'elles puissent être.

Une force est donc pour nous quelque chose qui exerce une pression, et grâce à cette pression le corps qui la subit se mettra en mouvement s'il est libre.

Si la sensation de pression nous fournit une image de l'effet produit par la force, une autre impression intérieure permet de nous représenter la force en elle-même, pour ainsi dire. Car non seulement nous éprouvons l'effet des forces, mais à notre tour nous exerçons des forces, c'est-à-dire que nous mettons des corps en mouvement. Or, au moment où nous voulons mettre un corps en mouvement, nous faisons un *effort*. Et cette notion d'effort, aussi bien que la notion de pression, soutient notre langage quand nous parlons de forces, mais toujours à la condition que nous ne poussions pas l'anthropomorphisme trop loin et que nous ne transformions pas les molécules en petites créatures conscientes et sensibles.

La notion de force est liée à celle d'*énergie potentielle* en ce sens que s'il n'y avait pas de force, il n'y aurait pas d'énergie potentielle. Mais l'énergie potentielle ne dépend pas uniquement de la force à laquelle le corps est soumis actuellement; pour faire le calcul de l'énergie potentielle, il faut, si la force n'est pas constante, faire intervenir toutes les valeurs qu'acquerrait la force pendant le temps où il lui serait soumis. Car en somme, l'énergie potentielle est évaluée par l'énergie cinétique maxima que le corps pourrait encore acquérir sous l'action de la force.

Ainsi un corps fort éloigné de la terre serait soumis à une force très faible ; et cependant il aurait une énergie potentielle beaucoup plus considérable qu'un corps suspendu à une petite hauteur. Et cela parce que sous l'effet de la gravité il acquerrait une vitesse très considérable, puisqu'il tombe de plus haut.

Dans sa troisième conclusion, M. Vignon affirme que toutes les forces ne sont pas les mêmes. Non seulement les corps simples, mais les composés chimiques eux-mêmes posséderaient une force spécifique différente pour chacun d'eux.

Faisons d'abord remarquer qu'un corps n'exerce pas toujours

sur un autre la même force ; la force varie, en effet, avec la distance. La force exercée par un corps sur un autre ne dépend donc pas uniquement de la nature des corps, mais aussi des conditions où ils se trouvent. Ce qui reste constant, c'est la *loi* de la force. Telle, par exemple, la loi que deux corps s'attirent en raison inverse du carré des distances.

Cette qualité des corps d'être soumis à une loi de force, qualité qui reste latente tant que les conditions ne sont pas réalisées, est ce que M. Vignon appelle la force *en puissance*.

Dans le langage de M. Vignon — langage que d'ailleurs je ne critique pas, car il n'y a pas à craindre de malentendu — les corps ont des forces spécifiques lorsque la loi de la force diffère pour chacun d'eux.

Si l'hydrogène et l'oxygène placés dans les mêmes conditions vis-à-vis d'un troisième corps exercent sur lui des forces différentes, il est clair que l'hydrogène et l'oxygène possèdent des forces spécifiques.

L'identité des conditions forme ici tout le nœud de la difficulté, car pour peu que varient les conditions de température, d'électricité, un seul et même corps se comportera différemment. Et encore si on n'avait affaire qu'à des conditions qu'on soupçonne !

Toutefois dans l'état actuel de la science, je ne doute pas que M. Vignon ne parvienne à rallier à son opinion beaucoup de savants tant qu'il s'agit des corps réputés simples.

Mais pour les composés chimiques, ont-ils des forces spécifiques ?

Il est clair que pour leur attribuer des forces spécifiques, il ne suffit pas qu'ils agissent autrement que leurs composants. Si la force nouvelle était la simple résultante des forces élémentaires, certes M. Vignon ne s'aventurerait pas à employer le terme de *spécifique*.

Il éviterait même encore une pareille expression, s'il s'agissait de cette résultante improprement dite sur laquelle M. Poincaré attirait récemment l'attention. Un morceau de fer subit l'action d'un aimant et d'un autre morceau de fer : il ne suffirait pas, pour calculer la force à laquelle il est soumis, de faire le parallélogramme ayant pour côtés les forces qu'exerceraient isolément l'aimant et le second morceau de fer. Car celui-ci est modifié par le présence de l'aimant et il modifie à son tour l'aimant, et tous les deux le sont par le premier morceau de fer. La résultante sera donc modifiée, mais ce sera encore en vertu des lois générales qui régissent le magnétisme du fer et de

l'acier : seulement le problème sera plus complexe en vertu des modifications réciproques des trois corps.

Pour arriver à conclure à une force spécifique, il faut prouver l'existence de nouvelles propriétés spécifiques du composé.

On peut faire deux hypothèses, pour l'eau, par exemple : ou bien l'hydrogène et l'oxygène restent dans l'eau comme deux corps distincts, ou bien dans l'eau tous les éléments sont les mêmes, et ce qui était de l'hydrogène est devenu parfaitement identique à ce qui était de l'oxygène.

Dans la première hypothèse, le composé comme tel n'a pas de forces spécifiques qui lui soient propres ; ses propriétés sont les résultantes des propriétés de l'hydrogène et de l'oxygène, mais ce sont des résultantes du second genre. C'est-à-dire que pour calculer cette résultante, il ne faut pas prendre les propriétés de l'hydrogène à l'état isolé et celles de l'oxygène à l'état isolé, mais les propriétés de ces deux corps modifiés réciproquement l'un par l'autre. C'est le cas de l'aimant et des deux morceaux de fer.

Dans la seconde hypothèse, au contraire, il serait rationnel de parler des propriétés spécifiques de l'*eau*. Car dans l'eau, il n'y aurait plus d'hydrogène, ni d'oxygène ; il n'y aurait plus que des particules d'eau. Et je crois bien que M. Vignon entend ainsi la constitution de l'eau.

C'est également la théorie des scolastiques. Pour eux la distinction entre un mélange et ce que nous appellerions une combinaison consiste en ce que, dans le mélange, les composants restent distincts, tandis qu'ils s'identifient dans la combinaison. Une combinaison n'est plus actuellement un corps composé ; on l'appelle improprement de ce nom, parce que avant l'union des éléments elle était composée de deux éléments distincts, et qu'après la destruction de l'union elle est susceptible de se décomposer en ces deux éléments distincts.

Les éléments d'hydrogène qui entrent dans l'eau deviennent identiques à ceux d'oxygène, et à ce point que quand l'eau se décompose et qu'il se forme de l'hydrogène et de l'oxygène, les nouveaux éléments d'hydrogène ne sont pas nécessairement les anciens. Sinon, même dans l'eau, les éléments d'hydrogène n'auraient pas été parfaitement identiques à ceux de l'oxygène, puisqu'ils auraient conservé une tendance particulière à devenir de l'hydrogène.

S'il se forme de l'hydrogène et de l'oxygène après la décomposition de l'eau, c'est que l'eau prise comme telle a une ten-

dance à se décomposer en ces deux éléments et dans une proportion donnée.

Un exemple fera comprendre cette théorie.

J'introduis un morceau de glace dans un ballon ; je fais le vide dans le ballon et je le ferme.

Je porte le ballon à une température élevée, 100° par exemple.

La glace se fond et se décompose en une certaine quantité de liquide et de vapeur.

Je fais maintenant descendre la température au-dessous de 0°; en négligeant une quantité infinitésimale de vapeur d'eau, la vapeur et le liquide prennent de nouveau l'état de glace.

Je reporte le ballon à la même température élevée que précédemment. Elle va se fondre de nouveau et donnera la même quantité de vapeur et de liquide.

La glace est donc composée d'une certaine quantité de vapeur et de liquide ; mais cette vapeur et ce liquide ne sont plus actuellement ni vapeur ni liquide, mais solides, et il n'y a plus de distinction entre ce qui était primitivement vapeur et ce qui était primitivement liquide. La glace est donc aussi simple que la vapeur et le liquide qui sont entrés dans sa constitution.

La glace replacée dans les conditions de température élevée redonne la même quantité de vapeur et de liquide; mais, remarquons-le, ce qui est vapeur dans le second cas n'est pas nécessairement ce qui a été vapeur dans le premier. Il est possible, ou plutôt il est tout à fait certain d'après le calcul des probabilités, que certaines molécules qui sont vapeur actuellement étaient liquides auparavant et réciproquement.

Pourquoi la glace redonne-t-elle la même quantité de vapeur et de liquide ? C'est parce que c'est une propriété de ce corps, mais ce n'est pas parce que certaines particules ont une tendance à devenir vapeur et certaines autres à devenir liquide. Les unes et les autres peuvent devenir indifféremment liquide ou vapeur.

Remplaçons dans cet exemple vapeur par hydrogène, liquide par oxygène, glace par eau, et nous aurons une conception assez exacte des relations existant entre une combinaison et les éléments qui la composent.

La glace est aussi simple que la vapeur et le liquide. Une combinaison est également aussi simple que les éléments qui la composent.

Nous pouvons donc attribuer à une combinaison des propriétés spécifiques. Mais si nous le faisons, nous devons revenir sur

nos pas et refuser aux éléments la qualité d'être doués de propriétés spécifiques *différentes*.

La théorie, en effet, n'est vraie qu'autant qu'un élément d'hydrogène par des transformations successives puisse devenir de l'oxygène et de l'eau. Dès lors ces trois corps, hydrogène, oxygène, eau ne sont plus trois corps différents, mais le même qui dans des conditions différentes apparaît sous ces trois formes ; de même que glace, eau liquide, vapeur ne sont pas trois corps différents, mais le même corps, c'est-à-dire, l'eau qui dans des conditions différentes revêt l'une de ces trois formes.

Jusqu'ici nous n'avons vu dans le monde matériel que du mouvement et de la force. N'y a-t-il rien d'autre ?

M. Vignon ne donne pas une réponse explicite à cette question, mais je crois bien que s'il devait répondre, ce serait en niant l'existence de toute autre propriété.

Autrefois on admettait que les corps étaient chauds. La plupart des physiciens ne l'admettent plus. Les corps ne sont plus chauds ou froids ; mais leurs molécules vibrent et suivant la plus ou moins grande vitesse de ces vibrations, on les appelle chauds ou froids, mais c'est une dénomination extrinsèque dérivée de l'impression qu'ils font sur nos organes.

De même un diapason n'est pas sonore, le Soleil n'est pas lumineux, mais les vibrations du diapason déterminent chez nous la sensation du son et celles du Soleil la sensation de lumière.

Aussi M. Vignon étendant sa théorie jusqu'aux êtres animés, croit également expliquer tous les phénomènes biologiques par des forces spécifiques.

Dans tout le reste de sa brochure, M. Vignon prend le mot *force* dans son sens mécanique et lui donne son acception technique. La force n'est pas une cause quelconque ; c'est uniquement une cause de *mouvement*. Il nous est donc interdit de supposer qu'il prenne ici ce mot dans une signification plus large.

Nous soutenons que dans les êtres vivants il y a autre chose que des mouvements et des causes de mouvement. Il y existe, outre les mouvements et les forces, des qualités qui ne peuvent être rangées dans aucune de ces deux catégories.

Les sensations visuelles nous fourniront, à elles seules, un élément de démonstration.

L'œil est excité par les vibrations lumineuses ; mais il est un fait, c'est que nous ne *voyons* pas ces vibrations et que nous ne

pourrions les voir; car elles sont tellement nombreuses pendant l'intervalle d'une seconde que si un diapason vibrait avec cette rapidité, nous ne verrions plus les vibrations; les sensations se confondraient et tout ce qui résulterait de l'impression, c'est que le diapason nous semblerait élargi et nous croirions qu'il a l'épaisseur comprise entre les limites extrêmes des vibrations.

Mais que parlons-nous de diapason ? Le diapason est quelque chose de visible ; l'éther au contraire est invisible, et il pourrait vibrer avec une lenteur extrême, sans qu'on pût suivre son mouvement.

Ce que nous voyons, c'est le *résultat* de ces vibrations, ce ne sont pas les vibrations elles-mêmes.

Nous voyons du rouge, du jaune, du bleu; nous ne percevons pas de mouvement.

Or ou bien cette qualité de rouge, de jaune, de bleu se trouve dans les objets eux-mêmes — c'est ce qu'on croyait autrefois — et alors les objets inanimés eux-mêmes auraient des qualités différentes du mouvement.

Ou bien elle est l'effet produit par les vibrations sur le sujet qui sent. Les vibrations éthérées en impressionnant la rétine déterminent chez le sujet sentant la perception d'une image rouge, jaune, bleue, et dès lors c'est le sujet sentant qui a des modifications différentes du mouvement, quoique causées par le mouvement.

Ajouter quelque chose à ce raisonnement serait peut-être l'affaiblir, comme il arrive dans les vérités de bon sens. Risquons toutefois l'aventure.

Supposons donc que cette perception de rouge ou de toute autre couleur soit elle-même une simple vibration de nos cellules cérébrales.

Ou bien ce mouvement vibratoire possède lui-même cette qualité d'être rouge, et dès lors la matière jouirait par elle-même de la propriété d'avoir non seulement des mouvements, mais aussi des couleurs ;

Ou bien il ne possède pas par lui-même cette qualité, mais il est seulement capable de la déterminer chez le sujet qui perçoit l'impression, et dès lors ce sujet doit avoir des propriétés différentes de la pure vibration ; car s'il ne peut que vibrer, nous devrions de nouveau refaire le raisonnement précédent, et cela à l'indéfini.

De plus, la chaleur et la lumière sont des vibrations du même ordre. On ne peut donc trouver dans la vibration elle-même, la

raison de cette distinction profonde qui existe entre la perception de chaleur et celle de lumière. Il faut qu'elle consiste dans une qualité différente de la vibration, soit que cette qualité réside dans l'objet senti, soit qu'elle réside dans le sujet sentant, soit qu'elle provienne de l'influence mutuelle des deux.

Pour nous résumer, nous admettons avec M. Vignon :

Que l'activité de la matière ne réside pas uniquement dans le mouvement ;

Qu'elle suppose des forces, que nous ne connaissons pas en elles-mêmes, mais dont nous pouvons affirmer qu'elles ne se réduisent pas à de simples transmissions de mouvements.

Nous admettons aussi qu'outre les mouvements actuels et les forces actuelles, il existe dans la matière des qualités en vertu desquelles elle est soumise à certaine loi de force plutôt qu'à telle autre; c'est ce que M. Vignon appelle la force en puissance.

Nous sommes porté à croire que les éléments appelés simples ont chacun leur loi spécifique de force.

Nous serions plus réservé pour attribuer aussi aux composés comme tels des lois spécifiques semblables.

Enfin nous admettons dans les êtres vivants des qualités qui ne peuvent être considérées comme exclusivement mécaniques, qualités qui nous semblent avoir été négligées par M. Vignon.

G. Hahn, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

La fonction gamma ; *théorie, histoire, bibliographie,* par Maurice Godefroy, bibliothécaire de la Faculté des sciences de Marseille. Un vol. de vii-88 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1901.

La fonction gamma occupe une place privilégiée dans l'analyse. M. Godefroy s'est proposé d'en exposer les propriétés principales et les applications les plus intéressantes sous une forme nouvelle.

On sait qu'il y a deux définitions principales de $\Gamma(x)$. La première représente cette fonction par la limite d'un produit, la seconde par une intégrale définie. Presque tous les auteurs qui se sont occupés de la fonction gamma, ou qui en ont exposé la théorie dans leurs ouvrages, ont pris cette seconde définition comme point de départ. M. Godefroy, au contraire, prétend réagir contre cette tendance, et c'est en cela que consiste surtout l'originalité de son exposition; il prend exclusivement son point de départ dans la définition de gamma par la limite d'un produit.

Commençons par reconnaître que M. Godefroy n'a peut-être pas tort. Son livre est d'une extrême élégance de texte et de formules et la comparaison avec beaucoup d'autres traités tournerait sans aucun doute à son avantage. Mais M. Godefroy pousse franchement la réaction un peu loin et l'aversion qu'il professe pour les intégrales définies n'est pas justifiée.

" La définition choisie par Gauss (c'est-à-dire par un produit), nous dit l'auteur dans sa préface, possède l'avantage d'une plus grande généralité, mais encore elle révèle immédiatement la nature même de cette transcendante et permet d'établir *toutes* ses propriétés d'une manière *plus concise, plus rigoureuse* et *plus naturelle.* „

Il est clair qu'on ne peut souscrire sans réserve à des affirmations d'une pareille généralité. Le *naturel* d'une démonstration n'est souvent qu'une affaire de point de vue et de tournure d'esprit. Quant à la concision, la chose est déjà contestable dans plus d'une question exposée par M. Godefroy, mais surtout on peut lui reprocher d'avoir supprimé celles où sa méthode aurait eu le dessous. Enfin, quant à la rigueur, l'affirmation est absolument fausse et les transformations peuvent être faites aussi rigoureusement sur les intégrales que sur les séries. S'il y a des démonstrations qui pèchent par défaut de rigueur, la faute n'en est pas aux intégrales définies.

Après cela, M. Godefroy peut choisir la définition qui a ses faveurs. Nous lui saurons même gré de l'avoir fait, puisque son exposé est de tous points excellent et présente en outre l'intérêt de la nouveauté.

Mais M. Godefroy paraît considérer l'intégrale définie comme un instrument dangereux et malfaisant. " Souvent, nous dit-il dans sa préface, nous avons réussi à introduire des améliorations notables et nous le devons surtout à l'emploi presque constant des séries dont l'usage est toujours pratique et sûr. „ De fait, on peut feuilleter son ouvrage d'un bout à l'autre, sauf dans le chapitre historique et les notes, on n'y trouvera pas un seul signe d'intégration. C'est donc un véritable parti pris.

Il y a là-dessous une erreur contre laquelle il faut protester. D'abord l'intégrale définie est un instrument aussi sûr que la série pour ceux qui savent s'en servir, et ce mode de représentation présente, en outre, sur la série, l'avantage d'être beaucoup plus souple, beaucoup plus riche en transformations et même parfois plus concis. D'autre part, la possibilité de représenter $\Gamma(x)$ et les fonctions qui en dépendent par des intégrales définies constitue par elle-même une propriété de ces fonctions tout aussi intéressante que la transformation d'une série dans une autre. Enfin, la fonction Γ se rencontre dans une foule de questions d'analyse, transformations d'intégrales, fonctions ζ s, etc., où elle s'introduit nécessairement sous forme d'intégrale définie. Soyons donc assurés que pour bien des analystes habitués au maniement de la fonction gamma, l'exclusion systématique de toute intégrale dans un ouvrage qui porte pour titre : *La fonction gamma, théorie, histoire, bibliographie,* fera l'effet d'une véritable mutilation.

Aussi il y a d'étranges suppressions dans l'ouvrage de M. Godefroy. Je ne parlerai pas de l'intégrale de *Raabe :*

$$J = \int_0^1 \log \Gamma (a + x)\, dx,$$

qui joue un rôle si important dans la théorie. On sait, entre autres choses, qu'elle est la valeur asymptotique de $\log \Gamma \left(a + \frac{1}{2}\right)$. Il est clair que son nom seul devait la faire exclure. Il y a des suppressions plus considérables que celle-là.

Ainsi, le chapitre IV est consacré à la fonction $\varpi(x)$ de Binet. On y trouve la formule de Gudermann qui lie le logarithme de $\Gamma(x)$ à cette fonction et aussi la formule de Stirling :

$$\varpi(x) = \frac{\theta}{12x}.$$

Le lecteur s'attend naturellement à rencontrer ici les expressions célèbres de $\varpi(x)$ en séries procédant suivant les puissances négatives de x et les questions fondamentales qui s'y rattachent. Sur ce point, il devra se contenter de l'alinéa suivant (p. 43) :

" L'étude des séries de Binet, leur transformation en séries se prêtant mieux au calcul numérique et enfin la détermination du reste ont donné lieu à de nombreux travaux dont les principaux sont ceux de Genocchi, Gilbert, de Tilly et Bourguet. "

C'est tout !

Il y a aussi à côté de la formule de Stirling, une formule de Gauss qui sert à exprimer $\log \Gamma \left(a + \frac{1}{2}\right)$. La différence entre ce logarithme et sa valeur asymptotique J peut être développée en série tout comme la fonction $\varpi(x)$ de Binet. Schaar a fait connaître autrefois des intégrales très élégantes qui conduisent directement à ces développements. Ces résultats fondamentaux et le nom de Schaar restent inconnus au lecteur de M. Godefroy.

La conclusion à tirer de tout cela, c'est que l'ouvrage de M. Godefroy ne répond pas absolument au titre pompeux qu'il lui a donné. En réalité, cet auteur a fait un exposé aussi clair et aussi élémentaire que possible de quelques-unes des questions principales qui se rattachent à la fonction gamma. L'exclusion des signes d'intégration n'a pas eu pour effet d'augmenter la rigueur, car les démonstrations du cours de M. Jordan, par exemple, sont inattaquables, mais cette exclusion a incontestablement donné un caractère plus élémentaire à l'ouvrage. Si M. Godefroy s'était contenté de dire cela, il n'y aurait aucune objection à lui faire.

Réduit à ces prétentions plus modestes, l'ouvrage de M. Godefroy n'en sera pas moins lu avec grand intérêt et grande utilité par tous, professeurs et élèves. C'est un petit chef-d'œuvre d'exposition et il a le grand mérite d'initier le lecteur français aux nombreux travaux de langue danoise ou de langue tchèque récemment parus et qui sont d'une lecture si difficile.

Voici pour terminer la table des chapitres :

I. Historique.

II. Étude générale de la fonction gamma.

III. Propriétés de la fonction gamma.

IV. Fonction de Binet.

V. Fonction $\Phi(x)$ et $\Psi(x)$ [ou dérivées premières et secondes de $\log \Gamma(x)$].

VI. Développements en séries entières.

VII. Applications.

CH.-J. DE LA VALLÉE POUSSIN.

II

LEÇONS SUR LES SÉRIES A TERMES POSITIFS, professées au Collège de France par ÉMILE BOREL, recueillies et rédigées par ROBERT D'ADHÉMAR. Un vol. in-8° de 91 pages. — Paris. Gauthier-Villars, 1902.

Les *Nouvelles leçons sur la théorie des fonctions* de M. Borel (1) viennent de s'enrichir d'une nouvelle brochure de mince épaisseur mais de haute importance, consacrée aux séries à termes positifs. Cette fois le jeune et distingué professeur a, pour atteindre le public, emprunté la plume d'un de ses auditeurs dont il est inutile de vanter le style à la fois élégant et précis aux lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, le vicomte Robert d'Adhémar.

Partant de cette idée qu'il est non moins important d'être fixé sur la rapidité de la convergence d'une série que de savoir si cette convergence existe, c'est à l'étude même du *mode de croissance* que, pour le cas des séries à termes positifs, s'est attaché M. Borel, et la contribution personnelle qu'il y a apportée imprime

(1) Voir les livraisons de la REVUE de janvier 1899 (p. 256), avril 1900 (p. 604), octobre 1901 (p. 632).

à son œuvre un cachet d'originalité qui en rehausse encore le prix.

Débutant, dans le Chapitre I, par les séries à termes constants, après avoir défini l'*espèce* d'un critère de convergence au moyen du nombre des termes de la série qu'il fait intervenir, il commence par faire remarquer qu'ils peuvent tous se ramener à ceux de première espèce, fondés sur la considération d'un seul terme, et se borne dès lors à l'étude de ceux-ci.

Ce sont les critères fondamentaux de Bertrand qui s'offrent ainsi tout d'abord à lui, et il convient de noter qu'il les établit ici par le seul moyen d'un théorème élémentaire dû à Cauchy, alors que leur auteur les avait déduits de la considération de certaines intégrales. Ces critères offrent l'intérêt de permettre de reconnaître la convergence plus ou moins lente des séries auxquelles ils s'appliquent. Épuisent-ils tous les modes *possibles* de convergence? Bertrand considérait l'affirmative comme infiniment probable. Avec Paul du Bois-Reymond et M. Hadamard, l'auteur montre qu'il avait tort, en donnant des exemples de cas où tous ces critères seraient en défaut. Mais si, au point de vue absolu, ils ne peuvent être considérés comme résolvant la question de façon complète, en réalité ils suffisent à tous les besoins des applications, les cas d'exception ne s'étant révélés que sur des exemples forgés de toute pièce à cet effet.

Sur les conditions nécessaires de convergence, M. Borel étend le résultat relatif à la limite de nu_n, qu'avait donné Abel pour les séries à termes décroissants, et démontre qu'il n'existe pas de condition de forme plus restrictive.

Dans le Chapitre II, l'auteur envisage la question de la convergence des intégrales, qui se lie étroitement à la précédente et développe à ce sujet une théorie en quelque sorte parallèle, s'attachant encore à mettre en évidence des règles de convergence " assez compréhensives pour être *relativement* suffisantes ".

La réduction des types continus de croissance aux types discontinus l'occupe particulièrement, et il fait voir que l'allure d'une fonction n'est suffisamment définie par la seule connaissance des valeurs qu'elle prend pour les valeurs entières de la variable que lorsque la croissance est assez lente.

Au fond, c'est le mode suivant lequel a lieu la croissance qui domine le sujet, et, en reprenant les idées qu'il avait tout d'abord émises dans un Mémoire couronné par l'Académie des Sciences, M. Borel esquisse, dans le Chapitre III, une *théorie de la crois-*

sance qui constitue la partie sans doute la plus originale de la brochure, celle qui contribuera plus spécialement à lui faire prendre un rang éminent dans l'estime des géomètres.

Après avoir, sur des exemples construits tout exprès, mis en évidence l'allure très irrégulière que peut offrir la croissance des fonctions, l'auteur définit avec précision les *ordres d'infinitude* ou *degrés de grandeur* dont la notion permet de débrouiller cette question épineuse entre toutes. Le degré de e^x, qui joue ici un rôle fondamental, étant représenté par ω, il étudie à fond les propriétés de ce symbole, qui ne laissent pas d'être assez compliquées, et parvient ainsi à une définition précise des *croissances régulières,* qui jette une vive lumière sur toute cette théorie.

La détermination de l'ordre d'une fonction présente d'ailleurs parfois des difficultés que l'on peut tourner par divers moyens, et notamment grâce à l'intégration de certaines égalités asymptotiques, intégration dont la possibilité a été remarquée tout d'abord par M. Poincaré.

Cette théorie de la croissance conduit enfin l'auteur à la conception de la *fonction idéale* de P. du Bois-Reymond qui marque en quelque sorte la frontière entre les fonctions qui donnent des séries et des intégrales convergentes ou divergentes.

Un court chapitre, le quatrième, a pour objet de montrer comment, par des groupements convenables de termes, l'étude de la convergence dans les séries multiples peut se ramener au cas des séries simples, et de même pour les intégrales multiples. L'exemple donné à l'occasion de celles-ci ne manque pas d'une certaine généralité.

Dans le Chapitre V, M. Borel s'attache aux séries de puissances à une variable. Il s'agit ici de saisir le lien entre la croissance de la fonction entière que définit la série et la décroissance des coefficients de cette série. Cette recherche, fort ardue, se scinde en deux problèmes d'inégale difficulté ayant pour but l'un de trouver le degré de grandeur de la fonction, celui des coefficients étant donné, et l'autre de faire l'inverse.

Le premier de ces problèmes, qui a donné lieu à des travaux intéressants de la part de MM. Poincaré, Hadamard et Le Roy, reçoit de M. Borel une solution des plus satisfaisantes grâce à la considération de ce qu'il appelle le *terme maximum* qui suffit, à lui seul, à déterminer le degré de la fonction.

Le second, abordé pour la première fois par M. Poincaré, puis par M. Hadamard, ne comporte pas de réponse absolue.

Pour le cas du rayon de convergence fini, l'auteur donne une élégante méthode de M. Cesàro, dont l'origine se retrouve dans une Note de M. Appell.

Il reprend ensuite l'étude directe des séries par sa méthode du terme maximum pour en comparer les résultats avec ceux que donne la méthode de M. Le Roy fondée sur certain calcul asymptotique, et il semble bien que la première soit la plus rapide.

Quant aux travaux de M. Hadamard qu'il analyse ensuite, ils sont pour lui l'occasion de mettre en relief l'importance primordiale qui s'attache à la notion de croissance *régulière* (implicitement admise par M. Hadamard), dont la méconnaissance peut avoir pour effet de faire tomber en défaut certains résultats.

Le Chapitre VI aborde la question en ce qui concerne les séries à plusieurs variables, et les seuls résultats de quelque généralité que l'on possède sur ce sujet sont encore dus personnellement à M. Borel. Ces résultats, condensés dans les trois théorèmes fondamentaux, relatifs aux fonctions entières, qui se rencontrent dans le premier paragraphe du chapitre, encore bien que n'ayant qu'une portée assez restreinte (puisqu'ils supposent à la fois tous les coefficients positifs, de même que toutes les valeurs attribuées aux variables) marquent un premier pas important dans un sujet d'une exceptionnelle difficulté.

Deux courts paragraphes, qui terminent le chapitre, ont pour but l'un de définir la notion des *rayons de convergence associés* de M. Lemaire, dont l'avenir tirera peut-être parti, l'autre de signaler, au moyen d'un exemple, une difficulté singulière remarquée par Cauchy dans l'étude des séries à plusieurs variables, et qui tient à ce que, pour certaines de ces séries dites *syntagmatiques*, les régions de convergence certaine que l'on sait déterminer diffèrent beaucoup suivant la manière dont on effectue le groupement des termes.

Non moins que ceux qui l'ont précédé dans la même collection, cet ouvrage, où s'affirme de nouveau toute la maîtrise de M. Borel, en faisant connaître aux chercheurs l'état exact des découvertes déjà réalisées dans un des domaines de la science de l'accès le plus difficile, sera de nature à leur suggérer de nouveaux sujets de recherche et à fournir un point de départ sûr et une direction utile à leurs investigations.

M. d'Ocagne.

III

Cours de Mécanique a l'usage des Candidats a l'École Centrale des Arts et Manufactures, par P. Appell. Membre de l'Institut, professeur à l'École Centrale et à la Faculté des Sciences de Paris. Un vol. in-8° de 271 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1902.

C'est un fait qui mérite d'être tout particulièrement remarqué que celui d'un des maîtres les plus éminents de l'enseignement supérieur, d'un savant dans la plus haute acception du terme, se chargeant d'écrire, pour des jeunes gens qui se destinent à une profession purement technique, un livre vraiment élémentaire. Ce géomètre de premier rang n'a pas jugé au-dessous de lui de mettre à la portée des candidats à une école technique les premiers principes d'une science qu'ils abordent en vue de ses applications pratiques ultérieures. Bel exemple qu'il serait souhaitable de voir se renouveler souvent ; car, en dépit du préjugé qui tendrait à faire penser que les plus savants ont quelque peine à se mettre à la portée des débutants, la vérité est que ceux qui se sont élevés le plus haut dans le domaine de nos connaissances, et dont le regard a pu embrasser l'horizon le plus vaste, sont aussi ceux qui ont la notion la plus juste des difficultés qu'offre l'exposé des premiers principes et qui sont le mieux en état de les surmonter. Le livre de M. Appell en est une preuve manifeste.

Le programme d'admission à l'École Centrale vient d'être refondu dans un esprit qui ne saurait rencontrer que des approbations. Il est bien évident, en effet, que les notions acquises dans l'étude de la théorie des dérivées et de la Géométrie analytique importent à de futurs ingénieurs principalement en vue de leur application à la Mécanique et à la Physique mathématique. Or, il est non moins certain qu'en France au moins, les professeurs chargés d'initier les jeunes gens à ces théories fondamentales, cédant à l'attrait qu'elles exercent sur des cerveaux épris d'absolu, ont eu une tendance à développer plus que de raison leur application à des problèmes purement abstraits, d'une séduction d'ailleurs incontestable, mais qui ont pu parfois faire perdre de vue à quelques jeunes gens le but véritable de leur éducation mathématique.

Le nouveau programme de l'École Centrale a entendu, et avec

raison, réagir contre cette tendance, et c'est pourquoi il a fait aux éléments de la Mécanique une place importante au détriment des théories purement géométriques qui doivent surtout rester l'apanage des mathématiciens de profession.

Au surplus, les exercices qui s'offrent dans cette étude des éléments de Mécanique peuvent, non moins efficacement que les problèmes de Géométrie, servir à développer le sens mathématique des élèves. A vrai dire même, nombre d'entre eux peuvent être très justement classés parmi ces problèmes, ceux notamment que fait naître la Cinématique.

Cette branche de connaissances, rattachée à la Mécanique, à cause de l'intime liaison qu'elle offre avec elle lorsqu'on l'envisage sous le rapport de ses applications, peut tout aussi bien, si on se place au point de vue exclusivement théorique, être considérée comme faisant partie intégrante de la Géométrie. Cette manière de voir est même devenue aujourd'hui tout à fait banale. Il suffit, en effet, dans l'étude des figures variables, d'expliciter le paramètre dont on fait dépendre leurs variations et de recourir à une représentation géométrique des dérivées prises par rapport à ce paramètre pour que la théorie ainsi obtenue coïncide avec la Cinématique lorsqu'on donne au *paramètre* le nom de *temps* et qu'aux expressions de *lieu géométrique, dérivées géométriques première et seconde*, on substitue celles de *trajectoire, vitesse et accélération.*

Le plan du livre de M. Appell, strictement conforme au nouveau programme de l'École Centrale, comprend : 1° des notions préliminaires sur les grandeurs géométriques, introduction obligée à l'étude d'une science dans laquelle toutes les figurations géométriques (vitesses, forces, moments linéaires) se ramènent à des vecteurs ; 2° la Cinématique du point ; 3° les éléments de la Mécanique proprement dite comprenant la Dynamique du point, la Statique des corps libres et des corps non libres avec l'application aux machines simples.

A titre de particularité, citons, en Cinématique, l'introduction, voulue par le programme, parmi les exemples de mouvements classiques, des mouvements périodiques dont la Physique mathématique a rendu indispensable l'étude élémentaire, et la place faite à la représentation graphique, si importante pour les applications, des principaux éléments du mouvement d'un point, et, en particulier, à la représentation des mouvements vibratoires par des vecteurs tournants, constamment utilisée dans les applications à l'électricité.

Quant aux principes mêmes de la Mécanique, ils sont exposés avec une netteté qui ne laisse véritablement rien à désirer. La question délicate du choix des unités, de leurs dimensions relativement aux unités fondamentales de longueur, de masse et de temps, est traitée avec un soin tout particulier. Les notions de champ et de ligne de force, indispensables quand on passe aux applications physiques, sont introduites dès le début, ainsi que celle de frottement, ce qui a l'avantage de rendre immédiatement la réalité plus palpable à l'étudiant.

Le même souci de la réalité se retrouve dans la façon dont sont établies les conditions d'équilibre des corps solides, l'auteur s'appliquant à faire saisir les limites entre lesquelles restent valables les hypothèses de la Mécanique rationnelle. Cette étude de l'équilibre repose d'ailleurs sur la théorie des moments, établie par la Géométrie et fondée sur la notion du moment linéaire introduite par Cauchy. La notion du moment résultant et de la somme géométrique, que laissent inaltérés les opérations élémentaires effectuées sur les forces, sert de base à toute cette théorie dont celles des couples, des forces dans un plan et des forces parallèles dérivent à titre de simples cas particuliers.

L'étude des machines simples, poussée avec plus de détail qu'on n'est habitué à en rencontrer dans des ouvrages élémentaires, met bien nettement en relief ce fait qu'eu égard au frottement, on perd plus en force qu'on ne gagne en chemin parcouru, ce qui prépare l'esprit de l'élève aux notions de travail et d'énergie, étrangères au programme que développe le livre.

Les maîtres de l'enseignement secondaire, non moins que les candidats à la carrière d'ingénieur, devront de la reconnaissance à M. Appell pour avoir mis entre leurs mains un guide si sûr et si précieux, où la science profonde et l'expérience consommée de l'éminent auteur ont concouru à produire l'exposé le plus clair et le plus facile, en même temps que le plus substantiel.

M. d'Ocagne.

IV

Résistance des matériaux et Éléments de la théorie mathématique de l'élasticité, par Aug. Föppl, Professeur à l'Université technique de Munich ; traduit de l'allemand par E. Hahn

(ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie industrielle* de M. Lechalas). Un vol. in-8° de 480 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1901.

A quel degré d'initiation convient-il de faire parvenir les aspirants ingénieurs dans le domaine des mathématiques ? Cette question souvent débattue continue à partager les esprits. Alors que les uns pensent qu'une forte éducation mathématique doit servir de fondement à la science de l'ingénieur, les autres n'y voient qu'un luxe superflu, estimant qu'elle pourrait être réduite à l'étude des seuls éléments qui interviennent dans la pratique journalière.

Il est bien clair que le simple empirisme, complété par quelques calculs rudimentaires, pourra suffire aux besoins de la pratique courante. Mais cette pratique du métier de constructeur s'appliquant à des cas usuels, ne constitue pas l'art de l'ingénieur. Cet art doit viser plus haut. Il doit non seulement passer les vieilles routines au crible de sa critique et leur substituer, s'il y a lieu, des solutions plus rationnelles ; il doit encore s'attaquer aux problèmes nouveaux ; il doit pénétrer plus avant dans l'étude des propriétés élastiques de la matière pour la plier à toutes les exigences nouvelles que fait naître le développement de la civilisation. Et pour que le progrès soit sûrement atteint dans cette voie, qu'on le veuille ou non, le concours de l'instrument mathématique n'est pas seulement utile, il est indispensable, comme d'ailleurs dans toutes les branches d'applications de la Physique.

Et nous n'entendons pas seulement par là que la Mathématique, par son inflexible discipline, est seule capable de donner à l'esprit du futur ingénieur la rigueur, la puissance d'analyse et de critique rationnelle dont il ne saurait se passer ; nous voulons dire qu'elle lui sera indispensable pour tirer des lois qu'aura révélées l'observation des faits les déductions applicables à la solution des problèmes qui s'offriront à lui.

Ce n'est pas à dire, bien entendu, qu'il doive approfondir les grandes théories de l'analyse moderne comme le géomètre soucieux de faire, à son tour, progresser la science pure. Au moins aucune des ressources que cette analyse peut offrir pour pénétrer plus avant dans le champ des sciences physiques ne devra-t-elle lui rester ignorée.

Aussi doit-on savoir gré aux professeurs de l'ordre technique qui ont le souci de faire le plus large appel à la méthode analy-

tique. M. Föppl, professeur à l'Université technique de Munich, est du nombre, et nous devons nous féliciter qu'une traduction française mette nos ingénieurs à même d'apprécier l'ouvrage dans lequel il s'est efforcé d'éclairer de plus en plus les principes de la résistance des matériaux à la vive lumière de la théorie mathématique.

Voici maintenant le résumé du contenu de cet important ouvrage :

I. *Généralités sur les forces intérieures ou actions moléculaires.* — Après quelques éclaircissements sur les forces intérieures qu'il y a lieu de faire intervenir si on veut appliquer à une partie limitée d'un corps les théorèmes généraux de la Mécanique, l'auteur montre que l'état élastique d'un corps est complétement déterminé en un point donné lorsqu'on connaît les actions moléculaires relatives à trois éléments de surface passant par ce point, et il part de là pour établir les conditions d'équilibre du parallélipipède et du tétraèdre élémentaires dans le cas général. Il insiste sur les particularités qu'offre le cas où la matière n'est sollicitée à aucun travail dans une des trois directions principales et, par suite, où la question se réduit à un problème plan, ce qui est, de beaucoup, le cas le plus fréquent dans la pratique.

II. *Déformations élastiques. Travail des matériaux.* — La connaissance des relations entre les déformations élastiques autour d'un point et les actions moléculaires correspondantes permettra de former les équations aux dérivées partielles dont l'intégration complète fournirait la solution générale des problèmes d'élasticité. Conformément à la marche ordinairement suivie dans les sciences physiques, c'est des effets constatés dans certaines conditions sur des corps de dimensions finies que l'on cherche à déduire ceux dont un parallélipipède infiniment petit serait le siège. La question est bien loin d'avoir la simplicité que, par une tendance toute naturelle, on avait commencé par lui attribuer. La loi dite de Hooke relative à la dilatation d'un prisme soumis à l'extension ne s'applique approximativement que dans des cas déterminés, et sur les modifications que l'expérience conduirait à y introduire, l'auteur cite divers travaux entrepris en Allemagne et qui ne semblent guère susceptibles d'applications utiles.

Pour le cas où la loi de Hooke conduit à une approximation suffisante, les déformations élémentaires sont étudiées analyti-

quement. Elles peuvent être définies au moyen d'un certain ellipsoïde autour de chaque point.

Reste à examiner la façon dont ces déformations se lient au danger de rupture. Sur ce point, les expériences de Woehler sur la résistance aux charges intermittentes et aux charges oscillantes ont sensiblement modifié les anciens errements. La question est d'ailleurs encore sujette à controverse.

A cette question se rattache la notion féconde du travail de déformation qui semble avoir là pris place pour la première fois dans le domaine didactique.

III. *Flexion des prismes à axe rectiligne.* — Parmi les pièces auxquelles l'ingénieur doit appliquer les principes de la résistance des matériaux, ce sont celles dites *prismatiques* qui se rencontrent le plus fréquemment. Aussi leur théorie occupe-t-elle une place importante dans l'exposé de l'auteur. Si les résultats établis à leur endroit sont d'une incontestable utilité pratique, il faut convenir qu'ils laissent encore bien à désirer au point de vue théorique puisque l'hypothèse fondamentale, dite de Bernoulli, sur laquelle ils reposent se trouve démentie par les conséquences qui en résultent. C'est là un des points sur lesquels doit avant tout se porter l'attention des ingénieurs qui cherchent à jeter quelque lumière dans la demi-obscurité de la Mécanique moléculaire. Dans cette théorie de la flexion des prismes le rôle du moment d'inertie des sections transversales est primordial, et il faut louer l'auteur du soin avec lequel il en a développé les propriétés.

IV. *Énergie potentielle interne ou travail de déformation.* — Dans le cas de la flexion des prismes, l'expression du travail de déformation prend une forme simple et conduit à de remarquables théorèmes dus à Castigliano et d'une grande utilité pour les calculs de résistance des systèmes hyperstatiques. A cet ordre de considération se rattache encore un important théorème de Maxwell sur la réciprocité des déplacements des points d'application des forces extérieures.

V. *Prismes à axe curviligne.* — Pour de tels prismes, l'auteur commence par faire ressortir, au moyen d'une savante discussion critique, les défauts de l'hypothèse de Bernoulli à laquelle il préfère celle de la répartition uniforme des actions moléculaires. Et, en adoptant ce point de départ, il développe la théorie des arcs articulés ou encastrés en leurs extrémités, ainsi que celle des tubes dont le travail élastique a lieu par section diamétrale et celle des ressorts en spirale.

VI. *Prismes reposant sur une base compressible.* — Ce court chapitre répond à un besoin particulier de la construction des chemins de fer en indiquant une solution approchée (dans l'attente de données plus positives) du problème de la résistance des traverses de voies ferrées reposant sur le ballast.

VII. *De la résistance des plaques planes.* — Le premier problème traité est celui de la plaque circulaire dans les divers cas résultant de l'action d'une force unique appliquée au centre ou d'une charge uniformément répartie sur toute la surface, de l'encastrement ou du simple appui sur tout le pourtour. L'hypothèse fondamentale ici admise consiste en ce que toute section annulaire de même axe que la plaque se transforme en un cône de révolution autour de cet axe. Les solutions développées pour ces divers cas constituent d'ailleurs d'intéressants exemples d'intégration d'équations différentielles.

L'auteur donne, à la suite, également pour les plaques circulaires, une solution approchée, due à M. von Boch, qui exige beaucoup moins de calculs et présente, en outre, l'avantage de pouvoir s'étendre aux plaques elliptiques, carrées ou rectangulaires.

VIII. *Résistance des enveloppes soumises à une pression intérieure ou extérieure.* — Pour le cas des enveloppes minces qui est celui des chaudières, la solution est développée dans le cas de la sphère et dans celui du cylindre ; pour le cas des enveloppes épaisses qui est celui des canons, elle est donnée non seulement dans le cas d'un tube unique, mais encore dans celui des tubes frettés.

IX. *Torsion.* — La théorie, relativement simple dans le cas de la section circulaire, s'étend aisément à celui de la section elliptique. Pour le cas de la section rectangulaire, l'auteur développe une solution approchée beaucoup plus satisfaisante que celle qui suppose — hypothèse démentie par les faits — que les sections restent planes dans la déformation.

X. *Résistance des prismes chargés debout. Flambement.* — Après avoir traité, d'après Euler, le problème classique de la détermination de la ligne élastique d'un prisme comprimé dans le sens de sa longueur et de la limite de charge y introduisant des déformations plastiques, l'auteur démontre qu'une faible courbure initiale de l'axe longitudinal n'a pas d'influence sensible sur les résultats. Il montre ensuite que pratiquement la limite de charge donnée par la formule d'Euler doit être abaissée, et fait connaître à cet égard les résultats obtenus dans les essais

de M. de Tetmajer. Après avoir examiné divers cas que peut offrir la pratique (encastrement aux deux bouts ; encastrement à un bout, glissière à l'autre ; compression et flexion simultanées), et dit quelques mots de la formule empirique qu'à tort, selon lui, on a voulu substituer à celle d'Euler, l'auteur traite en détail le problème plus compliqué du flambement d'un prisme très long travaillant à la torsion.

XI. *Éléments de la théorie mathématique de l'élasticité.* — C'est de cette théorie qu'il faut attendre dans l'avenir le perfectionnement des méthodes appliquées à l'étude de la résistance des matériaux. L'auteur nous semble donc avoir très sagement fait en la résumant à l'usage des ingénieurs. Ce résumé se recommande, en particulier, par un exposé très net des théories aujourd'hui classiques de Saint-Venant sur la flexion et la torsion des prismes, ainsi que de celles toutes modernes de Boussinesq et de Hertz sur la dureté des corps, théories qui n'avaient pas encore été réduites à cette forme élémentaire. L'auteur dégage enfin les traits les plus essentiels de la théorie de l'équilibre à l'intérieur d'une masse de terre meuble.

Deux notes complémentaires font connaître les méthodes graphiques imaginées par Mohr pour la détermination des moments d'inertie des aires planes et pour la construction de la ligne élastique des prismes travaillant à la flexion.

Un résumé des formules les plus importantes contenues dans l'ouvrage en facilite grandement les applications.

Ajoutons que des exercices numériques développés à la fin de chaque chapitre seront d'un grand secours aux techniciens appelés à traiter des cas analogues.

M. d'Ocagne.

V

Quelques réflexions sur la Mécanique suivies d'une première leçon de Dynamique, par Émile Picard, Membre de l'Institut ; une brochure in-8° de 56 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1902.

Le rapport général sur l'Exposition universelle de 1900, dont la rédaction a été confiée pour chaque spécialité aux hommes les plus qualifiés, constituera dans son ensemble une sorte

d'Encyclopédie du siècle qui vient de finir. La synthèse des progrès dont le détail est passé en revue dans cet énorme rapport a donné lieu à une Introduction développée, dans laquelle la partie relative aux sciences a été traitée par M. Émile Picard. On sait que chez l'éminent géomètre, l'étendue du savoir, la profondeur des vues philosophiques, l'élégance et la netteté du style sont à la hauteur de la puissance créatrice. Le rapport qu'il a signé est bien tel qu'on le pouvait attendre de lui, et c'est tout dire. En quelques pages sobres mais de belle allure, c'est un raccourci saisissant de l'état actuel de nos connaissances dans le domaine des choses positives, où rien n'a été négligé de ce qui est vraiment essentiel, où sont nettement mises en relief toutes les idées fondamentales sous une forme éminemment philosophique.

Le Chapitre relatif aux principes de la Mécanique et de l'Énergétique touche à des notions d'un intérêt si haut, et dont les applications revêtent un caractère si général, qu'il a paru désirable à plusieurs bons esprits qu'un tirage spécial, sous format réduit, permît sa diffusion la plus large possible. Cédant à ce vœu, l'auteur a fait suivre ces réflexions de la première leçon de Dynamique qu'il fait, depuis 1894, à l'École Centrale des Arts et Manufactures et qui, précisément, sur plusieurs des points qu'elles abordent, s'écarte sensiblement de la tradition didactique.

Les idées que l'on se fait aujourd'hui des principes de la Mécanique et de l'explication des phénomènes naturels fondée sur ces principes, diffèrent profondément de celles qui avaient cours au début du XIXe siècle. Des difficultés ont surgi au fur et à mesure qu'on a tenté de pénétrer plus avant dans la voie où, à la suite de Descartes, s'étaient engagés les grands penseurs du XVIIIe siècle. Il a fallu procéder à un nouvel examen des fondements de l'édifice, reconnaître qu'ils n'avaient pas toute la solidité qu'on leur avait attribuée, s'efforcer de les rendre plus sûrs en leur incorporant de nouveaux matériaux.

Les tentatives de restauration de l'édifice de la Mécanique ont donné lieu tout récemment, dans cette Revue même, à un exposé fait de main d'ouvrier auquel nous renvoyons le lecteur (1).

En quelques pages, d'une admirable netteté, M. Picard caractérise magistralement les divers types de construction de la

(1) Livraison de janvier 1902 : *Les Principes de la Mécanique et les Idées de Hertz*, par le vicomte d'Adhémar.

Mécanique à la manière déductive, insistant sur ceux qui sont dus à M. Boltzmann et à Hertz dont " la belle construction..., largement suggestive, constitue un vaste programme pour la Mécanique de l'avenir ".

Tout en reconnaissant que les systèmes déductifs offrent, au point de vue didactique, l'inconvénient de faire abstraction de l'ordre historique qui est, pour le commençant, d'un secours incontestable, M. Picard a pensé qu'il y avait pourtant lieu d'en tenir compte, dans une certaine mesure, pour l'exposition des débuts de la science. C'est dans un tel esprit qu'il a conçu et rédigé la leçon qui termine la brochure et que ne sauraient trop méditer les professeurs chargés d'enseigner les premiers éléments de la Mécanique.

Sur l'impossibilité de réduire tous les phénomènes que nous offre la nature au mécanisme pur, sur la valeur simplement subjective des représentations qu'en fournissent les théories dites mécaniques, sur le véritable sens qu'il convient d'attribuer aux lois de cette branche nouvelle de la science qui a reçu le nom d'Énergétique, M. Picard a écrit quelques pages véritablement lapidaires qui sont de celles qu'on ne résume pas et que devront avoir lues tous ceux qui ont quelque souci de la Philosophie des Sciences. Peu de livres assurément, sous un plus mince volume, auront mérité de fixer une plus sérieuse attention et de mériter une plus haute estime du public savant, ou même, tout simplement, du grand public pris au moins dans sa partie intelligente et éclairée.

M. d'Ocagne.

VI

Grundlinien der politischen Arithmetik von Dr Moritz Kitt, Professor an den Handelsakademie in Olmütz. — Leipzig, Teubner, 1901, cartonné. Prix : 3 marcs.

Ce petit livre de 78 pages de texte suivies de 37 pages de tables numériques expose avec un peu plus de détails que ne le font les traités d'algèbre élémentaire, les applications des progressions et logarithmes aux opérations financières à long terme. On y trouve aussi les deux opérations d'assurances les plus con-

nues : Rentes viagères sur une tête et assurance d'un capital payable en cas de décès.

Sommaire de la première Partie. I. Calculs d'intérêts composés (18 pages). 1. Valeur définitive d'un capital placé à intérêt composé. 2. Valeur actuelle. 3. Calcul du nombre de périodes d'intérêt. 4. Calcul du taux. 5. Capitalisation semestrielle *relative* et *conforme*. La capitalisation semestrielle *relative* à 6 p. c. signifie qu'elle est faite au taux semestriel de 3 p. c. ; la capitalisation *conforme* à 6 p. c. signifie qu'elle est faite au taux semestriel équivalent au taux annuel de 6 p. c. 6. Intérêts courus et intérêts anticipés. 7. Valeur définitive d'un capital dans le système des intérêts anticipés. La formule que l'auteur établit : $E = \frac{C}{\left(1 - \frac{p}{100}\right)^n}$ ou bien $C = E\left(1 - \frac{p}{100}\right)^n$, où C est la valeur actuelle du capital E à payer ou à recevoir dans n années et p p. c. le taux des intérêts anticipés, n'est autre que la formule de l'*escompte composé* où p est le taux p. c. d'escompte. Selon la définition ordinaire du placement à intérêt, le taux p. c. d'intérêt correspondant est $\frac{100\,p}{100 - p}$. 8. Valeur définitive de versements annuels.

II. Calculs sur les rentes (8 pages). 1 et 2. Valeur actuelle d'une rente et inversement calcul de la rente équivalente à un capital. 3. Rente immédiate équivalente à une rente différée.

III. Annuités et tableaux d'amortissement (26 pages). 1. Annuités. 2. Décompte d'annuités du tableau d'amortissement d'un emprunt remboursable par annuités constantes. 3-4. Tableaux d'amortissement d'un emprunt divisé en obligations remboursables au pair ou au-dessus du pair. — Dans le tableau de la page 44, les intérêts des résidus doivent être calculés à $4\frac{4}{9}$ p. c. et non à 5 p. c. — 5. Cours ou prix d'une obligation. 6. Tableau d'amortissement d'un emprunt dans les systèmes des *Anticipative Zinsen*.

Ce chapitre a été rendu indépendant du chapitre II et, de plus, tous les tableaux d'amortissement ont été calculés directement sans s'appuyer, ce qui eût été beaucoup plus simple et plus court, sur les résultats antérieurs. Nous remarquerons que l'annuité étant un paiement périodique, une rente, la capitalisation d'une rente constante et le calcul d'un emprunt que l'on peut faire sous la garantie d'un certain nombre d'annuités constantes, ne constituent qu'un seul problème et de la formule

trouvée on peut déduire immédiatement la loi suivant laquelle varie l'amortissement. Cette loi s'applique évidemment sans modification au cas où l'emprunt est divisé en obligations remboursables au pair. Si les obligations sont remboursables au-dessus du pair, soient, pour employer les notations de l'auteur, o la valeur nominale, o' la valeur et remboursement et p p. c. le taux nominal; on le ramène au cas précédent en considérant les obligations comme étant de valeur nominale o', au taux nominal $\frac{op}{o'}$. Enfin dans le cas des intérêts anticipés, le taux d'intérêt est, comme nous l'avons fait remarquer plus haut $\frac{p}{100-p}$, et par suite, on est dans le cas d'un emprunt contracté au taux $\frac{p}{100-p}$ d'intérêts courus.

IV. Quelques principes du calcul des probabilités (6 pages). 1. Probabilité simple de l'arrivée d'un événement. Probabilité contraire. 2. Probabilité relative et probabilité composée. 3. Espérance mathématique. 4. Table de mortalité.

V. Rentes viagères sur une seule tête (15 pages). 1. Valeur d'une rente viagère immédiate. 2. Réserve. 3. Valeur d'une rente viagère différée. 4-5. Acquisition d'une rente viagère différée par primes annuelles et calcul de la réserve.

VI. Survivances (5 pages). L'auteur appelle ainsi l'assurance vie entière. 1. Valeur d'une survivance. 2. Valeur d'une survivance différée. 3. Acquisition d'une survivance par un nombre limité de primes nécessaires.

Deuxième partie. Elle se compose de quatre tables : la première renferme les logarithmes à 9 décimales de $1 + \frac{p}{100}$ et de $1 - \frac{p}{100}$ pour les taux de $\frac{1}{4}$ à 10 p. c. variant par $\frac{1}{4}$; la deuxième renferme les valeurs à 8 décimales de $V^n = \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$ pour les mêmes taux et pour $n = 1, 2, 3, \ldots 50$. La troisième renferme diverses tables de mortalité : de Florencourt, de Brune-Fischer, des dix-sept compagnies anglaises, des rentiers allemands. Enfin la quatrième donne les valeurs des symboles D et S (D_x et N_x d'après les notations anglaises) relatifs aux tables de mortalité précédentes.

Pour terminer, disons un mot des notations. L'auteur n'a pas adopté les notations des actuaires anglais. Une grande simplification cependant aurait été apportée dans ces formules, notamment s'il avait considéré le taux par unité de capital en

posant $i = \frac{p}{100}$ et en désignant aussi par une seule lettre la fraction $\frac{1}{1+i}$.

En résumé, les *Grundlinien* de M. Kitt contiennent la partie essentielle de l'arithmétique politique sous un petit volume.

E. F.

VII

Traité de Cinématique, par H. Sicard, avec des Notes, par A. Labrousse. Un vol. in-8° de VIII-185 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1902.

" Ce livre, complété par les Notes d'un ami, contient, dit l'auteur, tout ce qu'il y a d'essentiel en Cinématique ", c'est-à-dire les propositions fondamentales que suppose l'étude de la Mécanique rationnelle. Ajoutons qu'elles s'y trouvent développées d'une façon simple et très claire. L'auteur s'est moins attaché à sauvegarder l'unité et la symétrie de l'ensemble, qu'à rechercher, pour chaque question, le mode d'exposition le plus pratique pour l'enseignement et le mieux approprié aux nécessités des débutants : il l'emprunte tour à tour à la géométrie et à l'analyse.

Après avoir exposé les propriétés des vecteurs qu'invoquent la Cinématique et la Statique, il traite successivement du mouvement simple d'un point (livres I et II) et du mouvement d'un solide (livre III, étude *géométrique*, livre IV, étude *analytique* du mouvement d'un solide). Le théorème de Coriolis est démontré géométriquement et analytiquement. Le livre V est consacré à la composition des mouvements d'un solide.

Les Notes de M. Labrousse forment un complément fort intéressant, et d'allure plus relevée. Elles ont pour objet : I. Les formules d'Olinde-Rodrigues, avec une application détaillée à l'étude d'un mouvement particulier à deux paramètres. — II. Le déplacement considéré comme homographie, et transformation ponctuelle. — III. Le complexe linéaire. — IV. Le théorème de Schönemann et Mannheim avec une application. — V. Les systèmes articulés.

J. T.

VIII

La SELENOGRAFIA ANTICA E MODERNA, studio storico-scientifico, di BELLINO CARRARA, S. J., Professore nel Collegio M. G. Vida in Cremona; IIª edizione. Un vol. in-8° de 202 pages, avec figures et planches. — Pavie, 1901.

L'auteur a réuni dans ce volume, en les améliorant et en les complétant, les articles qu'il a publiés dans la RIVISTA DI FISICA, MATEMATICA E SCIENZE NATURALE de Pavie. Laissant de côté tout ce qui touche aux mouvements de la Lune, il épuise tout ce qui a rapport à sa description et à la reconstitution de son histoire physique. Le sujet est, par lui-même, du plus grand intérêt, et le P. Carrara l'a traité de main de maître. Cette monographie, solidement documentée, très judicieusement et très agréablement écrite, sera lue avec plaisir et profit par tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'astronomie physique.

Elle est divisée en deux sections principales : la *sélénographie descriptive* et la *sélénographie physique et la sélénologie*.

La première partie rappelle, analyse et discute les observations de la Lune faites à l'œil nu, dans l'antiquité et de nos jours, et les légendes qui s'y rattachent ; les découvertes de Galilée, après l'invention de la lunette, et les idées qu'elles lui suggérèrent ; les recherches et les opinions de ses successeurs et les premières descriptions figurées de la Lune ; les travaux des sélénographes les plus célèbres, leurs dessins, leurs cartes, leurs nomenclatures ; la découverte de la photographie et son application à notre satellite, depuis ses débuts jusqu'à ses derniers succès ; l'étude détaillée de tous ces documents, de ceux surtout que MM. Loewy et Puiseux ont réunis dans leur *Atlas* et son commentaire, etc.

Dans la seconde partie, l'auteur s'occupe des changements signalés parfois dans certaines régions lunaires ; de l'existence d'une atmosphère autour de la Lune et de celle de l'eau à sa surface ; de la chaleur qu'elle rayonne et de sa température ; de l'influence qu'on lui a attribuée ou qu'on lui attribue encore sur certains phénomènes terrestres ; des rêves et des divagations dont ses habitants ont fait les frais ; enfin — et ce dernier chapitre est un des plus intéressants — de la constitution physique de la Lune, et des périodes sélénologiques.

J. T.

IX

THE GOLD OF OPHIR. WHENCE BROUGHT AND BY WHOM? by Professor A. H. KEANE, F. R. G. S. Un vol. in-12, pp. xv-244, avec deux cartes hors texte. — London, Edward Standford, 1901.

Il y a six ans, nous avons rendu compte aux lecteurs de cette REVUE d'un travail, où le Dr Carl Peters s'efforçait de démontrer que la mystérieuse région d'Ophir, la pourvoyeuse de l'or pour le roi Salomon, était la Rhodésie actuelle (1).

La thèse de M. Keane offre beaucoup d'analogies avec celle du savant allemand ; elle en diffère pourtant par d'importants détails qui contribuent à la rendre plus acceptable. Plus sérieux aussi sont les arguments invoqués, et l'ensemble se présente avec un enchaînement de logique serrée qui produit dès l'abord excellente impression.

Voici les conclusions que M. Keane croit pouvoir établir.

Ophir n'était point le centre de production, mais le marché de l'or et des autres produits précieux importés à la cour de Salomon. C'était un *emporium* situé sur la côte méridionale de l'Arabie et appelé par les Grecs *Moscha*, par les géographes romains *Portus nobilis*. L'or était amené à Ophir de la contrée aurifère d'Havilah, et Havilah, c'est la Rhodésie, le centre d'exploitations minières borné par le Bas-Zambèze et la Limpopo, c'est-à-dire la région occupée aujourd'hui par les Mashonas, les Matabélés et les Manicas. Les mines d'or de cette contrée furent primitivement excavées par les Himyarites du sud de l'Arabie, qui y élevèrent les célèbres monuments de Zimbabye. Plus tard, l'exploitation fut continuée, vers l'époque de Salomon, par les Juifs et les Phéniciens, et, dans des temps plus rapprochés de nous, par les Arabes de l'Islam et les Portugais. D'Havilah, ou de la Rhodésie, l'or était transporté à Tharshish, qui devait se trouver non loin du port actuel de Sofala. Les premiers chercheurs d'or de la Rhodésie arrivèrent dans le pays d'Havilah par Madagascar, où ils avaient des établissements et où ils entretenaient des relations de commerce avec les indigènes Malgaches. Bientôt s'associèrent à eux des Juifs, qui composaient en partie l'équipage des flottes d'Hiram et de Salomon.

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 2e série, t. X, 1896, pp. 628-639.

Voyons de quelle façon M. Keane a essayé de défendre ces thèses si nettement formulées.

Dans le premier chapitre de son livre, il rappelle comment les Portugais, à leur arrivée dans l'Afrique australe, furent frappés de la richesse aurifère de ces contrées et comment presque spontanément s'imposa à leur esprit l'identification de ces régions avec la mystérieuse Ophir de la Bible. M. Keane cite à cet égard de curieux passages d'un historien de ce temps, De Barros (1496-1570), qui, dans son *Asia* (Décade I, livre X, chap. 1), décrit le travail des mines de la Rhodésie et les imposantes ruines de Zimbabye. Il est à remarquer — et M. Keane ne se fait point faute de signaler cet appoint donné à sa thèse — que De Barros attribue la construction de ces monuments aux Axumites de l'Abyssinie.

Pendant deux siècles, après la chute de la puissance portugaise, les mines et les curieuses constructions de l'Afrique australe retombent dans un profond oubli. En 1868, elles sont de nouveau découvertes par Adam Renders, et en 1871 décrites et étudiées par Carl Mauch et Thomas Baines. Toutefois, c'est surtout l'ouvrage classique de Thomas Bent, paru en 1892, *The Ruined Cities of Mashonaland*, qui ouvre une ère de nouvelles études relatives aux antiquités de la Rhodésie. Le deuxième chapitre de l'ouvrage de M. Keane s'occupe de ces récentes recherches. Avec une très grande sagacité, il y a glané tous les faits qui viendront, dans les pages subséquentes de son livre, étayer les théories qu'il s'efforce de faire prévaloir. Le plus important de ces faits, c'est l'essai de chronologie que les récents explorateurs ont essayé de fixer pour les différents monuments du Mashonaland. On peut distinguer quatre périodes ; la première est caractérisée par le type pur des ruines de Zimbabye ; à la seconde appartiennent les constructions où le type commence déjà à s'altérer. Vient ensuite l'époque de la décadence complète de ce modèle, et enfin celle où des races, probablement locales, ont ébauché de maladroites imitations du type architectural de Zimbabye. D'après MM. Hall et Neal, les plus anciennes des ruines de la Rhodésie remonteraient au XIIe siècle avant notre ère.

Dans les chapitres suivants, M. Keane s'attache surtout à réfuter certaines opinions courantes sur le site d'Ophir. Il rencontre d'abord sur sa route le Dr Carl Peters, qui dans une lettre au *Times* (1er août 1901), identifie Ophir avec le pays de Punt de la géographie égyptienne, place Punt en Rhodésie, et

par suite attribue aux Égyptiens la première colonisation de cette région, à la suite de la fameuse expédition de la reine Hatsepu. Le grand argument du Dr Peters pour appuyer cette manière de voir était tiré du fait que l'on a trouvé naguère, au sud du Zambèze, une statuette du roi égyptien Thotmes III, de la dix-huitième dynastie. Pour curieuse que soit cette trouvaille, M. Keane ne croit pas devoir en tirer les mêmes conclusions que le Dr Peters. Rien n'oblige à admettre que cette statuette fut portée jusqu'en Afrique australe par les Égyptiens eux-mêmes; d'autres envahisseurs, Phéniciens, Sabéens, Minéens et Arabes ont pu emporter cet objet dans leurs bagages.

Richard Burton, dans ses deux ouvrages *The Gold Mines of Midian and the Ruined Midianitic cities* (1878) et *The Land of Midian* (1879), croyait à l'existence de plusieurs Ophir, qui pour lui était un nom commun signifiant " la terre rouge ", épithète également applicable à l'Inde occidentale et à l'Afrique. Malgré les mines d'or dont il avait constaté l'existence dans la région de Midian, le long de la mer Rouge, Burton ne veut pas exclure d'autres pays de l'identification avec l'Ophir biblique. Quant à M. Keane, l'importance trop minime des gisements aurifères du pays de Midian ne lui paraît pas répondre, pour la solution du problème d'Ophir, aux données de la question.

Après Richard Burton, M. Keane rencontre M. Glaser, dont il n'est pas aisé de démêler l'exacte opinion, au milieu de l'érudition touffue dans laquelle elle est souvent comme noyée. Entraîné par des étymologistes, comme Lassen et Ritter, Glaser semble d'abord porté à retrouver Ophir chez les Abhiras campés à l'embouchure de l'Indus. Mais on ne trouve pas d'or en cette région, et voilà pourquoi M. Glaser a repassé le Golfe Persique pour placer Havilah et Ophir en Arabie. M. Keane reproche à juste titre aux recherches de M. Glaser beaucoup d'inconsistance ; surtout la part y est faite trop large à l'étymologie.

Lassen — mais surtout Max Müller que nous sommes un peu surpris de ne pas voir citer par M. Keane — a longtemps fait prévaloir la thèse que l'Ophir de la Bible devait être placée dans l'Inde. Nous avons, dans le compte rendu du travail de M. Peters, longuement insisté sur cette opinion (1); nous pouvons donc être bref dans l'exposé du chapitre VI du livre de M. Keane; du reste, nous avons la satisfaction de constater que ces conclusions concordent entièrement avec les objections que nous avons fait

(1) *Loc. cit.*, pp. 629-634.

valoir contre le fameux argument tiré des prétendus noms sanscrits des produits précieux importés d'Ophir à Jérusalem.

C'est Carl Ritter qui, pour M. Keane, a serré de plus près les données du problème d'Ophir. Au chapitre X (v. 25-30) de la Genèse, l'historien sacré dénombre les descendants d'Heber. Il eut deux fils, Phaleg et Jectan. Jectan procréa Elmodad, Saleph, Asarmoth, Jare, Aduram, Uzal, Decla, Ebal, Abimael, Saba, Ophir, Hevila et Iobas. Leur habitat s'étend de Messa jusqu'au mont Sephar, à l'orient.

Or l'histoire et la géographie s'unissent intimement pour identifier avec précision la plupart de ces noms. Jectan ou Kahtan est demeuré dans l'appellation généalogique des Kahtanides, une des trois grandes divisions de la race Arabe. Des Kahtanides, par Himyar, le petit-fils de Jectan, descendent les Himyarites, qui habitent le Sud de l'Arabie et qui se sont divisés en Minéens et en Sabéens.

Asarmoth, de la Vulgate, en hébreu Hazarmareth, survit dans le nom d'Hadramouth, entre Aden et Moscha. Ce dernier terme représente le Mesha de la Genèse, qui se trouve en effet, comme l'indique le texte sacré, près du mont Sephar. Moscha était un port, et non loin de là Ptolémée place la *Sapphar Metropolis*, qui pour M. Keane est la ville d'Ophir.

Mais Ophir n'est pas seulement citée au chapitre X de la Genèse ; onze autres fois encore ce nom réapparaît dans la Bible. Il s'agit de voir si toutes les indications fournies par le texte sacré concordent suffisamment entre elles pour ne pas contredire l'hypothèse de M. Keane, qui vient de retrouver Ophir au sud de l'Arabie. C'est l'objet du chapitre IX de l'ouvrage que nous analysons. Comme le nom de Tharshish a été fréquemment associé avec celui d'Ophir, M. Keane étudie également les sept passages où il intervient.

Il commence par ces derniers et n'a point de peine à rejeter l'hypothèse qui assimile Tharshish avec Tartessus, une localité d'Espagne. En effet, jamais l'Espagne n'a pu fournir au roi Salomon l'or, l'argent, l'ivoire, les singes, les perroquets et le bois de santal que ses flottes rapportaient de Tharshish et d'Ophir. Si l'on compare entre eux le texte du premier livre des Rois (XXII, 48) avec celui du deuxième livre des Paralipomènes (XX, 36-37), on peut établir, dit M. Keane, un rapport très net entre Ezion-geber, Tharshish et Ophir. Les vaisseaux de Salomon partent d'Ezion-geber pour Tharshish, où ils chargent de l'or et d'autres marchandises précieuses qui sont ensuite déposées sur

le marché d'Ophir. Quant aux douze passages dans lesquels intervient le nom d'Ophir, aucun, d'après M. Keane, ne fait opposition formelle à son hypothèse qui place cette localité au sud de l'Arabie. Il ne dissimule pas certaine difficulté que cause, au chapitre X, v. 29, l'apparition du nom d'Havilah à côté de celui d'Ophir (Cf. I Paral. I, 23), d'autant plus qu'au chapitre II, v. 96 de la Genèse, la contrée d'Havilah est représentée comme le pays aurifère par excellence. Pour se tirer d'affaire, M. Keane en appelle à l'opinion qui ramène la rédaction de la Genèse à des temps plus rapprochés de nous, alors qu'à Jérusalem l'or ruisselait comme un véritable Pactole. L'imagination populaire avait associé Havilah et Ophir, les deux régions d'où venait l'or, et voilà comment le texte de la Genèse a pu, sous l'empire des mêmes préoccupations, mettre côte à côte ces deux noms.

Les chapitres X et XI du livre de M. Keane sont consacrés à l'étude des Himyarites et de leurs monuments. Comme l'auteur admet que les constructions de la Rhodésie furent le fait des Himyarites, on comprend qu'il insiste sur les principaux caractères de l'art himyarite. Il était peut-être superflu de s'étendre si longuement sur la généalogie sémitique des Himyarites, qui occupe la plus grande partie de ce chapitre. Parmi les monuments himyarites, M. Keane s'attache principalement aux ruines du palais de Balkis, la reine de Saba, et à celles du temple de Marib, l'ancienne Saba, capitale du royaume de ce nom. L'orientation de ces édifices est nettement astronomique, tel est aussi le cas pour les constructions de l'Afrique australe; mais, chose étrange, là aussi les édifices ne sauraient permettre que l'observation des astres de l'hémisphère boréal, preuve assez évidente que les constructeurs appartenaient à une race venue du nord. Les monuments sabéens ont un caractère franchement phalrique, et le même symbole a été retrouvé en Rhodésie. D'un examen assez rapide des nombreuses inscriptions retrouvées et déchiffrées, au nombre de plus d'un millier, par MM. Mordtmann, Müller et Glaser, M. Keane retient surtout ce fait que les Himyarites étaient un peuple de commerçants qui entretenaient des relations constantes de lucre avec toute l'ancienne Asie.

M. Keane va plus loin, et il nous montre les Himyarites poussant leur pointe jusqu'à Madagascar. La première preuve qu'il en donne est un argument linguistique. On savait depuis longtemps que les Malgaches possèdent dans leur langue un certain nombre de mots dont l'origine sémitique n'est pas

contestable. Cette infiltration était due, croyait-on, à l'influence des Arabes Mahométans qui eurent, de tout temps, des établissements sur la côte nord-ouest de Madagascar. Telle n'est pas l'opinion de M. Keane ; pour lui, bon nombre des termes sémitiques qu'on retrouve en malgache se rapprochent beaucoup plus de l'idiome himyaritique que de celui des Néo-Arabes. M. Keane cite, à l'appui de sa thèse, les noms des jours de la semaine et ceux des douze signes du zodiaque. Ces rapprochements sont d'autant plus significatifs que les mêmes noms, dans certains idiomes malayo-malgaches, se rapprochent de l'arabe du Coran.

Il n'y a pas eu que des Himyarites à Madagascar, M. Keane y retrouve également la trace des Juifs et des Phéniciens. La question est de savoir à quelle date précise remonte cette introduction de rites et de coutumes juifs à Madagascar. Pour M. Keane, ce fait s'est passé bien avant la dispersion des Juifs par le monde entier, après la prise de Jérusalem par Titus. En effet, déjà du temps de David, on peut signaler des expéditions lointaines et ce n'est pas Salomon qui envoie le premier des flottes à la recherche de l'or. Mais quels sont les anciens rites juifs dont on peut relever l'existence à Madagascar ? M. Keane signale ceux du bouc émissaire, de l'ordalie, du culte du bœuf et du veau, des sacrifices sur les lieux élevés. En ce qui concerne les Phéniciens, on peut surtout constater l'adoration de la nouvelle lune, qui tient aussi une large place dans la religion des Malgaches. Il n'y a pas jusqu'au folklore de Madagascar qui ne suggère à M. Keane des rapprochements avec certains mythes des Israélites et des Chananéens.

De Madagascar en Rhodésie le passage est court et facile, 250 milles à peine à travers le détroit de Mozambique, et dans le dernier chapitre de son livre, l'auteur présente une vue d'ensemble sur les traces, qui lui paraissent indubitables, du passage des Himyarites dans l'Afrique australe. Voici d'abord deux fragments d'inscriptions exhumés des ruines de Zimbabye et de celles du district d'Inganga. Sur la première, M. Bent a retrouvé quatre ou cinq des lettres *(a, s, n, w* et *b)* des inscriptions minéennes du Yemen, et sur la seconde signalée par M. Schlichter, M. Keane reconnaît cinq autres caractères *(z, k, a' s, d)* de l'ancien alphabet phénicien. Il y a aussi le fameux zodiaque de Zimbabye (1), dont l'origine sémitique est, pour M. Keane, indubitable et nettement prouvée.

(1) Cf. Revue des Questions scientifiques, 2e série, t. XVI, 1899, p. 313.

L'anthropologie témoigne aussi, à entendre M. Keane, en faveur de l'influence sémitique en Afrique australe. Aujourd'hui encore, il ne semble pas impossible de retrouver les traits de cette race dans certains individus de la population négroïde, qui habite la région située entre le Bas-Zambèze et la Limpopo.

En terminant, M. Keane refait l'histoire des exploitations minières en Afrique australe, et il essaie de démontrer que durant près de trois mille ans ces travaux se sont continués presque d'une façon ininterrompue. Après les Himyarites, les Juifs et les Phéniciens venus vers 1020 avant J.-C., le travail fut repris par les Arabes de l'Islam ; les Bantous descendus de l'Afrique équatoriale prirent leur place jusqu'au jour où les Portugais débarquèrent dans la Rhodésie.

La fin du volume de M. Keane est occupée par des notes et des additions qui prennent souvent les proportions de véritables dissertations. Plusieurs des points qu'il n'a fait qu'effleurer dans son ouvrage y sont discutés plus à fond. A signaler aussi un excellent index alphabétique qui permet au lecteur de retrouver sans peine les détails qu'il désire approfondir. Cet index fournit à lui seul la preuve de l'érudition copieuse qui distingue l'ouvrage de M. Keane.

Nous venons de résumer ce livre, aussi exactement et aussi sommairement que possible. L'importance de la question traitée méritait cependant les développements que nous avons dû donner à cette ébauche. Reste à formuler notre impression sur la thèse elle-même et à préciser le degré de certitude avec lequel elle se présente à nos yeux. Dans sa préface, l'auteur ne dissimule pas certaine inquiétude, et il se demande s'il ne risque pas d'entamer sa réputation de bon sens, *my reputation for sanity*. Hâtons-nous de le rassurer, s'il en était besoin ; M. Keane, nous l'avons déjà dit, a fort bien mené sa démonstration.

Dans la même préface, l'auteur a longuement insisté sur les faits nouveaux qui l'autorisaient à reprendre la question d'Ophir, si souvent déclarée insoluble. Ici, nous devons bien faire une petite réserve. Les faits nouveaux dont parle M. Keane, se rattachent tous à l'ensemble des découvertes réalisées en Rhodésie. Or, il y a déjà quelque temps que ces découvertes sont connues et qu'elles ont suggéré à divers auteurs, entre autres au Dr Peters, l'idée de retrouver Ophir dans l'Afrique australe. Avec cette restriction, nous ne faisons pas difficulté de reconnaître que, mieux que d'autres, M. Keane a exploité ces nouvelles données, les a placées en plus saillant relief et même que ses

observations personnelles en ont singulièrement augmenté la valeur.

Néanmoins, il ne nous est pas encore possible d'accorder à l'opinion de M. Keane pleine et absolue adhésion. En effet, si nous mettons dans la balance les divers arguments apportés par l'auteur, voici, nous paraît-il, le poids vrai qu'ils accusent. Il n'est pas contestable que, dès la plus haute antiquité, les Himyarites se montrent à nous comme un peuple puissant, riche et dont les relations commerciales s'étendent peut-être jusqu'à Madagascar et dans l'Afrique australe. Le sud de l'Arabie était, au temps de Salomon, le marché de l'ancien monde, et il est fort naturel d'aller chercher Ophir en ces parages. Toutefois, M. Keane n'a pu fournir aucune preuve positive ; il a certes réuni en faisceau, avec une merveilleuse habileté, un ensemble de conjectures, de probabilités, de raisons de convenance qui produisent une certaine impression plutôt favorable. Somme toute, en matière si délicate et si controversée, ce n'est pas un mince résultat que d'arriver à une probabilité fort raisonnable, à une conjecture plausible. Nous pensons qu'il faut s'en contenter en l'occurrence et qu'en tout cas M. Keane n'a pas poussé au delà le résultat de ses patientes investigations.

Avant de clore ce compte rendu déjà trop long sans doute, M. Keane voudra bien nous permettre de lui faire part de quelques réflexions qui nous sont venues à l'esprit, au cours de la lecture de son livre si attachant.

M. Keane s'appuie, en certain endroit de son ouvrage (p. 115), sur les données de Mme Zelia Nuttall. Nous avons été un peu surpris de rencontrer, dans une œuvre scientifique, le nom de l'auteur des *Fundamental Principles of old and new world civilizations*, ce livre dont M. Salomon Reinach n'avait d'autre bien à dire, sinon qu'il provoque l'ahurissement (1).

Pour démontrer l'influence sémitique en Rhodésie, M. Keane insiste longuement sur le zodiaque de Zimbabye (pp. 170-176), et il attache grande importance à l'interprétation de ce document. Assurément, il n'a pas tort ; voilà pourquoi nous eussions aimé que M. Keane rencontrât et réfutât les objections présentées contre le caractère sémitique de cette pièce par M. R. Andrée, qui prétend que rien n'empêche de voir dans ce fameux zodiaque un objet d'origine et de facture purement africaines (2).

(1) Revue critique, no du 10 mars, 1902, p. 185.
(2) Globus, t. LXXV, p. 308.

Nous avons dit plus haut comment M. Keane se débarrasse du témoignage de la Genèse (ch. II, v. 11) relativement à Havilah. Il nous semble que la solution est quelque peu outrée ; en tout cas, elle déplaira à ceux qui ne partagent point ses vues sur la date de composition de la Genèse. On ne peut pas non plus nier — et M. Keane en convient du reste (pp. 99-100) — que la topographie biblique place Havilah en Arabie, et franchement, les explications que M. Keane fournit pour écarter cette localisation sont quelque peu embarrassées.

Enfin, puisque M. Keane s'est mis en frais de reproduire une inscription minéenne, il nous eût été fort agréable d'avoir également sous les yeux les deux inscriptions similaires retrouvées en Rhodésie et dont la comparaison fournit à M. Keane d'assez longs développements (pp. 161-163).

On le voit, ces observations de détail n'atteignent pas au vif la thèse de M. Keane. Ce sont de ces imperfections que l'intérêt très puissant que nous portons à son beau livre nous fait désirer de voir disparaître à une prochaine édition, que rendra fort probablement nécessaire le succès, certain de son remarquable travail.

J. Van den Gheyn, S. J.

X

Le Compagnonnage, son histoire, ses coutumes, ses règlements et ses rites, par E. Martin Saint-Léon. Un vol. in-18 de xxviii-374 pages. — Paris, Armand Colin, éditeur, 1901.

M. Étienne Martin Saint-Léon, qui s'était fait connaître par une importante *Histoire des Corporations de métiers*, lui a donné un complément intéressant en étudiant le Compagnonnage, aujourd'hui bien déchu, mais qui a joué un rôle social important, à une époque encore récente.

La raison d'être essentielle de cette association ouvrière résidait dans le caractère principalement patronal que ne tardèrent pas à prendre les corporations. Répondant à un véritable besoin, le compagnonnage put survivre aux interdictions de toutes sortes qui le frappèrent constamment.

Nous ne saurions en suivre l'histoire, qui naît en pleine

légende, légende que suffisent à évoquer les trois noms de Salomon, de Maître Jacques et du Père Soubise ; mais, en marquant à la suite de M. Saint-Léon les causes de la décadence actuelle de cette institution, nous ferons connaître ce qui en constitua jadis la raison d'être essentielle.

Nous avons dit que le compagnonnage fut une organisation ouvrière en face des corporations ; mais cela ne suffit pas à préciser les caractères principaux de son action. Celle-ci s'exerçait d'une façon particulièrement active à l'occasion du *Tour de France* qu'entreprenaient les compagnons pour achever leur instruction technique. Durant ce voyage, ils avaient besoin d'assistance sous bien des formes, notamment pour trouver un emploi dans chaque ville où ils s'arrêtaient, et c'est ce que facilitait grandement la sévérité apportée dans les épreuves d'admission, que préparaient souvent des cours fondés par les compagnons.

Les luttes entre les diverses confréries furent toujours fréquentes ; aussi ne saurait-on y voir la cause principale de leur décadence actuelle : cette décadence a des causes économiques beaucoup plus profondes. D'une part, les progrès de la fabrication mécanique et la division de plus en plus grande du travail ont diminué dans une grande mesure l'utilité d'un perfectionnement professionnel ; en même temps, l'unification des méthodes de travail s'opérant partout a enlevé son intérêt au Tour de France, lequel d'ailleurs est devenu beaucoup plus facile par le fait des chemins de fer. Aussi ne doit-on pas s'étonner que le compagnonnage cède de plus en plus la place à d'autres formes d'associations ouvrières. Il n'y a pas jusqu'à sa forme de société secrète qui n'ait perdu sa raison d'être avec les progrès de la liberté d'association.

Pour donner d'ailleurs une idée de la composition du livre si intéressant de M. Martin Saint-Léon, nous en indiquerons sommairement le plan. Après une étude des origines, vient l'histoire du compagnonnage, étudiée en détail jusqu'à nos jours, puisqu'il existe encore ; puis un livre spécial est consacré à ses rites, mœurs et coutumes, dont l'originalité a été jadis une force, et enfin un dernier livre donne des renseignements détaillés sur l'organisation actuelle du compagnonnage et fait connaître les vues de l'auteur sur la corporation de l'avenir. Un chapitre de ce livre est consacré spécialement à l'étude du compagnonnage aux points de vue religieux, moral et social.

Au premier de ces points de vue, les opinions ont été très

diverses, les uns voyant dans le compagnonnage une pieuse congrégation, tandis que les autres y voient une branche de la franc-maçonnerie. En réalité, la vérité serait entre les deux. Autrefois, le caractère religieux était réel, et même, " il y a trente ans encore, chez les compagnons du Devoir, on n'était reçu que si l'on professait la religion catholique et, dans certaines occasions, un compagnon était tenu de communier. Aujourd'hui, ce caractère religieux s'est évidemment atténué, et d'autre part la franc-maçonnerie, qui autrefois excluait de son sein les ouvriers, fait de persévérants efforts pour s'unir les compagnons : mais ceux-ci ont généralement su défendre leur indépendance „, et M. Saint-Léon conclut que " le compagnonnage compte dans ses rangs des chrétiens pratiquants, de même que des positivistes et des athées. Il est éminemment libéral et ouvert à tous les hommes de bonne volonté, quelle que soit l'orientation de leur pensée „.

Au point de vue moral, l'action du compagnonnage est restée très haute, et, dans les conflits avec les patrons, il n'a généralement montré aucun parti pris, s'appliquant surtout à les prévenir et à les apaiser.

G. Lechalas.

XI

Saint Anselme, par M. le Comte Domet de Vorges. Un vol. in-8° de vi-334 pages. — Paris. Félix Alcan, 1901.

Saint Anselme retrouva au xie siècle la philosophie perdue et prépara son émancipation. Réunissant à la solidité du raisonnement la profondeur et la sublimité des conceptions, il forme le projet d'éclairer par la raison seule les vérités connexes au dogme et parfois le dogme lui-même. Stoeckl n'hésite pas à comparer son œuvre dans la science à celle de Grégoire le Grand dans l'action. Malheureusement, semblable en cela à d'autres initiateurs plus considérables par le mouvement imprimé aux idées que par la somme de solutions acquises, saint Anselme n'a pas laissé une renommée digne de ses titres ; même il a eu la singulière fortune d'être surtout connu par la partie la plus contestable de son œuvre, l'argument qui porte son nom et qui depuis près de neuf siècles est un sujet de discussions et de querelles.

C'était donc rendre un réel service aux études philosophiques que de dessiner cette grande figure d'un trait ferme et précis. Sans doute les monographies et les ouvrages d'ensemble ne manquent pas, mais les uns n'étudient que le théologien, d'autres oublient le point de vue critique ou sont si flottants dans leurs conclusions qu'ils n'apprennent presque rien. Mieux préparé et mieux outillé que ses devanciers, avec la compétence et l'autorité que lui assure la part brillante prise à la restauration de la philosophie scolastique, M. Domet de Vorges publie enfin le livre qu'on attendait. Clair, exact, méthodique, sans vaine prétention à l'originalité, sans étalage d'encombrante érudition, cet ouvrage donne un saint Anselme très ressemblant ; il ne se borne pas à faire connaître son héros, il le fait aimer et admirer.

Des cinq premiers chapitres, deux sont consacrés à la vie de saint Anselme et à la bibliographie de ses œuvres ; les trois autres sont employés à remettre le saint Docteur dans son milieu. Quel était l'état de la chrétienté au XIe siècle ? Qu'était la science au début du moyen âge et quels éléments pouvait y trouver la réflexion philosophique ? — Saint Anselme ne fut pas, comme beaucoup semblent le croire, " un météore isolé sur l'horizon ténébreux d'une époque barbare ". Les génies de sa taille surgissent du sein d'une civilisation déjà puissante. L'école était pleine d'ardeur et de vie ; les clercs étaient d'intrépides lutteurs, mais leurs disputes étaient généralement sans portée ou n'avaient pour objet que des questions secondaires. La question si vitale des universaux n'était qu'une question de logique et de grammaire. La gloire de saint Anselme est d'avoir donné un but aux efforts de ces dialecticiens, de grandes doctrines à établir, une science supérieure à constituer.

Ce qu'on peut savoir des doctrines du saint Docteur est rattaché par M. Domet de Vorges à sept chefs principaux : théories de la connaissance, vérité, réalisme, composé humain, origine de l'âme, liberté, existence et attributs de Dieu. Division commode, qui a l'avantage de rendre plus saisissante l'évolution ultérieure, et l'inconvénient de laisser dans l'ombre les principes généraux et directeurs. Sur chacun de ces sujets, trois questions sont posées : Quelle a été la doctrine de saint Anselme ? Quelles sont les sources de cette doctrine ? Qu'est-elle devenue à l'époque de la grande scolastique ? Visiblement, c'est de ce dernier côté que se portent les premières préoccupations de M. Domet de Vorges. Arrivé au XIIIe siècle, l'historien se fait apologiste. Le

lecteur n'a nulle envie de s'en plaindre, car l'apologie de M. Domet de Vorges est toujours d'une belle envolée : signalons, par exemple, les pages éloquentes où il montre dans les doctrines de saint Augustin, de saint Anselme, de saint Thomas, cette *perennis quaedam philosophia* qu'invoquait Leibniz.

Quelques réserves pourtant pourraient être faites. Tous les thomistes ne signeraient pas certaine phrase sur la manière dont saint Thomas aurait entendu le principe d'individuation (p. 154). Le commentaire de la théorie de l'intellect agent paraîtra vague. Et que dire d'une conclusion comme celle-ci : " Ce que nous pouvons affirmer, c'est que la théorie élaborée par les docteurs du moyen âge (de l'intellect agent) n'est autre chose au fond qu'une tentative très étudiée pour *formuler* (1) scientifiquement un fait d'expérience, le fait que l'animal a ses sens comme nous, qu'il voit, qu'il touche et qu'il entend comme nous ; que l'homme n'a pas d'autres sens que l'animal et n'a pas d'autres connaissances que celles que ses sens lui fournissent ; qu'il y trouve cependant une foule de données : être, essence, rapports, causes, etc., absolument étrangères à l'animal " ? Nous pensons que les docteurs scolastiques ont voulu quelque chose de plus : expliquer *comment* s'opère le passage de la connaissance sensitive à la connaissance intellectuelle. Qu'on l'explique comme on voudra, il semble bien qu'il faille admettre la double efficience de l'élément sensitif et de cette faculté mystérieuse, appelée intellect agent. Tel du moins semble être l'enseignement de saint Thomas.

Faire dans les spéculations de saint Anselme la part personnelle et celle des emprunts, est chose malaisée et souvent impossible. M. Domet de Vorges a bien fait de ne pas s'attarder dans les recherches minutieuses où s'épuise, en pure perte le plus souvent, la sagacité des érudits de la philosophie. Saint Anselme cite rarement ses sources. Ce qui est évident, c'est que saint Augustin lui a fourni le fond de sa doctrine, mais cette doctrine il l'a faite sienne ; surtout il a introduit les habitudes d'analyse qu'il avait puisées à son école. " Saint Augustin volait vers la vérité d'un coup d'aile ; saint Anselme la voit, lui aussi, mais il s'attache à établir solidement les degrés pour y arriver. "

Peut-être M. Domet de Vorges s'exagère-t-il l'importance de l'héritage transmis par saint Anselme à l'école du XIIIe siècle, ainsi que la continuité qui relie les deux philosophies. Malgré la

(1) C'est nous qui soulignons.

ressemblance des solutions communes qui sont avant tout des solutions catholiques, l'une est bien péripatéticienne, l'autre ne l'est pas. Il y a là une différence formelle dont il importe de tenir compte. Mais les analogies de méthode sont frappantes. Nous dirions volontiers que saint Anselme est un platonisant qui évolue vers le péripatétisme. Ce mouvement pouvait-il aboutir sans secours étranger ? Toujours est-il que saint Anselme a préparé la rencontre des deux grands courants qui se partageaient la pensée ancienne et qui se sont mêlés dans la grande scolastique.

Un examen éclairé de la philosophie de saint Anselme exige qu'on ne perde jamais de vue l'imperfection du vocabulaire et des méthodes philosophiques au XIe siècle. Autrement, on s'expose à y découvrir bien des choses qui n'y sont pas, à preuve Hauréau qui y a vu les idées intermédiaires ; M. Domet de Vorges lave très opportunément son héros de ce reproche et de plusieurs autres. Mais lui-même semble oublier parfois ses principes de critique. Après avoir montré que le grand Docteur est franchement réaliste, il lui arrive de s'étonner de quelques phrases malheureuses qui n'ont d'autre tort en somme que de n'être pas écrites en langage du XIIIe siècle ; celle-ci, par exemple : " Qui nondum intelligit quomodo plures homines in specie sint unus homo, qualiter comprehendit quomodo plures personae quarum singula perfectus Deus est sint unus Deus ? „ Assimilation imprudente, dit M. Domet de Vorges, et qui favorisait les blasphèmes de Roscelin au lieu de les réfuter. Mais qu'on remette cette phrase à sa place *(de fide Trinitatis*, 2), voici à peu près ce qu'elle dira : " Vous ne comprenez rien à l'unité *spécifique* de plusieurs hommes, et vous prétendriez comprendre l'unité substantielle des personnes de la Sainte-Trinité „ ! Où est ici l'assimilation ?

Dans le *de lib. arb.*, saint Anselme définit la liberté : " potestas servandi rectitudinem voluntatis propter ipsam rectitudinem „. Évidemment, s'il a prétendu définir le fait de la conscience, M. Domet de Vorges a raison : cette définition ne marque pas suffisamment le caractère spécifique du libre arbitre. Il y a quelque chose qui nous fait libres en dehors de la droiture de l'intention et de notre attachement au bien ; ainsi, on appelle libre qui peut parler et se taire à son choix. Mais le Docteur Magnifique a-t-il pu commettre cette méprise ? Non ; le caractère spécifique de la liberté ne lui a pas échappé, seulement il ne s'est occupé de la liberté qu'en théologien, au point de vue de la prédestination, de cette liberté qui a pour objet la justice. Une

lecture attentive du chap. VI du *de Conc.* ne laisse aucun doute à cet égard ; et nous ne saurions souscrire à ce jugement : " Saint Anselme ne s'arrête pas à cette signification (selon laquelle est libre qui peut, par exemple, parler ou se taire à son choix). Elle est à ses yeux sans importance. Il dirait volontiers qu'il s'agit là d'un emploi équivoque du mot *liberté* ".

Ces quelques réserves qui touchent à de menus détails, n'enlèvent évidemment rien au mérite de l'excellent livre de M. Domet de Vorges. Il sera lu par les esprits sérieux qui aiment à se consoler dans la philosophie du passé, des misères de la philosophie du présent.

E. R.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

La Bibliotheca Mathematica (1). — A tout seigneur tout honneur ! Aussi par qui commencer un bulletin des publications récentes sur l'histoire des mathématiques, sinon par la BIBLIOTHECA MATHEMATICA ? Disons donc un mot des transformations que son savant directeur, M. Eneström, vient de lui faire subir.

C'est un fait d'expérience confirmé par des observations longues et répétées, dès qu'un coin nouveau du champ de la science est cultivé, il fait aussitôt germer des journaux périodiques. Non seulement les mathématiques, la littérature, les sciences, la philosophie, mais chacune même de leurs branches principales, ont à leur disposition des organes de publicité qui leur sont propres. Pourquoi seule l'Histoire des mathématiques et des sciences ferait-elle exception ? Telle est la raison d'être de la BIBLIOTHECA MATHEMATICA.

La BIBLIOTHECA n'est pas la première tentative de ce genre. Pour nommer seulement les publications disparues aujourd'hui, qui ne connaît le BULLETIN DE BIBLIOGRAPHIE, D'HISTOIRE ET DE BIOGRAPHIE MATHÉMATIQUES de Terquem ? le BOLLETTINO du prince Boncompagni ? l'Historisch-litterarischen Abteilung

(1) BIBLIOTHECA MATHEMATICA. *Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften.* Herausgegeben von Gustaf Eneström in Stockholm. Dritte Folge. Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner. — Au moment où j'écris ce compte rendu, le tome I et les deux premiers cahiers du tome II ont paru.

du ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK rédigé pendant tant d'années par Cantor ? — La BIBLIOTHECA MATHEMATICA elle-même, loin d'en être à ses premiers débuts, inaugure en 1900 la troisième série de ses volumes. Mais jusqu'ici éditée un peu à l'écart, à Stockholm, elle était, malgré son mérite incontestable, assez en dehors du centre du mouvement scientifique et gardait par là même une allure plutôt timide et modeste. Désormais elle quitte la capitale de la Suède pour se transporter à Leipzig, où la maison Teubner se charge de l'imprimer et de la transformer en une revue de premier ordre. La BIBLIOTHECA est polyglotte; l'allemand y domine il est vrai, c'est naturel; mais j'y lis de nombreux articles écrits en anglais, en italien et surtout en français.

De nos jours l'histoire des mathématiques est souvent mal connue. Elle l'est beaucoup trop peu. Nos savants ont en grand nombre le travers d'être exclusifs dans leurs idées et dédaigneux du passé. Certes nos petits-neveux admireront l'originalité de nos découvertes, la facilité et l'élégance de nos démonstrations; mais d'autre part ne souriront-ils pas en constatant notre oubli complet des méthodes anciennes? Elles avaient du bon cependant et parfois beaucoup de bon, ces vieilles méthodes! On s'instruit toujours à la lecture d'Euclide, d'Archimède, de Régiomontan, de Copernic, de Newton! A notre insu, nous y revenons en mainte occasion. Beaucoup de nos progrès dans l'exposé des premiers principes de la géométrie et de la mécanique, par exemple, sont un retour pur et simple à Euclide et à Archimède.

Mais ne généralisons pas ces reproches, car tous ne les méritent pas, et nombreux sont ceux qui apprecient à sa valeur l'histoire des mathématiques; à preuve, le grand succès des *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* de Cantor. Ici une illusion d'un autre genre est à craindre; M. Eneström la signale, avec à-propos, dans son article programme. Que de savants se trompent sur ces *Vorlesungen!* Confondant l'ordre des faits contingents avec celui des vérités abstraites, combien croient y trouver les arrêts immuables de l'histoire ! Eh bien ! non, cela n'est pas. Sans doute, ajoute M. Eneström, les *Vorlesungen* sont un chef-d'œuvre, moins que personne il ne songe à le nier. Mais quel est leur principal mérite? C'est qu'ayant magistralement analysé et résumé les travaux existants, l'auteur de ce grand ouvrage indique avec netteté le point précis où les érudits doivent désormais commencer leurs recherches. Les *Vorlesungen* leur font connaître quels sont les champs

inexplorés; la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, d'autre part, leur offre un secours d'un genre différent en mettant à leur disposition un organe de publicité.

On peut, semble-t-il, classer en cinq ou six groupes principaux les articles qui y ont paru : éditions de textes jusqu'ici manuscrits, biographie et bibliographie, controverse, histoire de questions particulières, idées propres et personnelles des mathématiciens d'autrefois sur des sujets déterminés, actualités concernant l'histoire de la science.

Mais ici comment dissimuler mon embarras? Limité par les bornes d'un simple compte rendu, que faire pour parler de travaux si divers? En transcrire les titres sur le modèle d'une table des matières? Ce serait remplir plusieurs pages de la REVUE, pour intéresser médiocrement et apprendre peu de chose au lecteur. Nommer seulement les articles d'une certaine étendue et omettre les autres? C'est un procédé beaucoup suivi, je le sais, et somme toute fort commode, mais pour lequel je me sens peu d'attrait, car c'est souvent un moyen infaillible de passer sous silence les travaux les meilleurs. Obligé de faire un choix, je chercherai principalement à montrer comment M. Eneström comprend son programme. Il y aura plusieurs mémoires que, nécessairement, je ne nommerai pas; on voudra bien n'y voir aucune idée de critique ou de blâme.

Je note donc comme ayant d'abord frappé mon attention, une étude de Torricelli sur la courbe logarithmique (1), une autre de Christiaan Huygens sur la chaînette (2), mais surtout de nombreuses publications de manuscrits découverts par M. Curze. Ils concernent des sujets assez divers, mais principalement l'histoire de la trigonométrie au moyen âge chrétien (3).

(1) *Li ricerche inedite di Evangelista Torricelli sopra la curva logarithmica.* Di G. Loria. I. pp. 75-89.

(2) *La solution de Christiaan Huygens du problème de la chaînette.* Par J. Korteweg. I, pp. 97-108.

(3) *Zwei Beiträge zur Geschichte der Physik im Mittelalter.* 1. *Das Buch Euclidis " de gravi et levi „.* 2. *Der " Tractatus de fractionibus et reflexionibus radiorum „ des Robertus Linconiensis.* Von M. Curze. I, pp. 51-59. — *Zur Geschichte der Kreismessung und Kreisteilung im fünfzehnten Jahrhundert.* Von M. Curze. II, pp. 48-57. — *Urkunden zur Geschichte der Trigonometrie im christlichen Mittelalter gesammelt und erläutert.* 1. *Aus dem " Liber embadorum " des Savasorda in der Uebersetzung des Plato von Tivoli.* 2. *Aus den " Canones sive regule super tabulas Toletanas „ des Al-Zarkali.* 3. *Aus den " Scripta Marsiliensis super Canones Azarchelis „.* 4. Anonyme, *Abhandlung über*

Dans un autre genre je relève, au hasard de la plume, les biographies de Steiner (1), Gerhardt (2), Rosenberger (3) et Peterson (4) ; puis celles de Sophus Lie (5) et de Schlömilch (6), ces dernières accompagnées de la liste des travaux de ces deux savants ; puis encore le nécrologe de tous les mathématiciens morts de 1881 à 1900 avec le catalogue des notices et éloges funèbres qui leur ont été consacrés (7) ; après cela, quelques articles de bibliographie pure (8) ; enfin d'autres consacrés aux divers essais de répertoire et de classification des sciences mathématiques (9).

Passant aux questions controversées et aux monographies, je

Trigonometrie aus dem Ende des XIII. Jahrhunderts. 5. Aus " Leo de Balneolis Israhelita de sinibus, chordis et arcubus, item instrumento revelatore secretorum „. 6. Anonyme, *Abhandlung " De tribus notis „. 7. Die " Canones tabularum primi mobilis „ des Johannes de Lineriis. 8. Die Sinusrechnung des Johannes de Muris.* Von M. Curze. I, pp. 321-416.

(1) *Zur Biographie von Jacob Steiner.* Von E. Lampe. I, pp. 129-141.

(2) *Carl Immanuel Gerhardt.* Von F. Müller. Mit Bildniss. I, pp. 205-216.

(3) *Ferdinand Rosenberger.* Von S. Günther. Mit Bildniss. I, pp. 217-224.

(4) *Karl Peterson.* Von Paul Stäckel. Mit Porträt. II, pp. 122-132.

(5) *Sophus Lie. Ausführliches Verzeichnis seiner Schriften,* zu sammengestellt von F. Engel. Mit Bildniss in Heliogravüre als Titelbild. I, pp. 166-204.

(6) *Nachruf an Oscar Schlömilch.* Von Moritz Cantor. Mit Bildniss. II, pp. 260-281.

(7) *Bio-Bibliographie der 1881-1900 verstorbener Mathematiker.* Von G. Eneström. II, pp. 326-350.

(8) *Les " Œuvres complètes de Christiaan Huygens „.* Par J. Bosscha. I, pp. 93-96. — *Lista bibliografica della teoria degli aggregati 1893-1899.* Di G. Vivanti, pp. 160-165. — *Bericht über den gegenwärtigen Stand der Lehre von der natürlichen Koordinaten.* Von E. Wölffing. I, pp, 142-159. — *Bericht über den gegenwärtigen Stand der Lehre von den cyklischen Kurven.* Von M. Wölffing. II. pp. 235-259. (Ces deux articles de M. E. Wölffing sont précédés, le titre l'indique, d'importantes introductions). — *Integration durch imaginäres Gebiet. Ein Beitrag zur Geschichte der Funktionentheorie.* Von P. Stäckel. I, pp. 109-128. (Même remarque que pour les articles de M. E. Wölffing).

(9) *Die Vorarbeiten für die allgemeine mathematische Bibliographie.* Von G. Valentin. I, pp. 237-245. — *Sur l'état d'avancement du Répertoire bibliographique des sciences mathématiques.* Par C. A. Laisant. II. pp. 246-249. — *Ueber die geplante internationale naturwissenschaftliche Bibliographie.* Von J. H. Graf. I, pp. 250-257. — *Ueber die von der " Royal Society „ geplante mathematische Jahresbibliographie.* Von G. Eneström. I, pp. 480-484.

me vois de plus en plus dans la nécessité d'en écourter l'énumération. Les points discutés ont pour objet : Archimède (1), Boèce (2), Vitruve et Héron (3), Ménélaus (4), Geminus (5), les relations de Galilée avec Simon Mayr (6), Ptolémée et la trigonométrie dans l'antiquité (7), le calcul des fractions chez les Égyptiens (8). Quant aux monographies, j'en trouve sur les sujets les plus variés. En voici d'abord quatre du docteur von Braunmühl. Il y traite : l'histoire des notations trigonométriques (9), celle de l'interpolation (10), celle de la formule de Moivre (11), celle enfin de deux questions particulières objet des préoccupations des mathématiciens du XVIIIe siècle, la formule de Mollweide et une méthode graphique de résolution des triangles sphériques (12). Il y a un an, j'ai dit, ici même, quel prix j'attachais aux *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie* de von Braunmühl (13) ; ces quatre notes, si je ne me trompe, sont destinées à former autant de chapitres du second volume de ce bel ouvrage. Voici encore des études sur Héron et Archimède (14),

(1) *Archimède connaissait-il le paradoxe hydrostatique.* Par P. Duhem. I, pp. 15-19.

(2) *Notes sur la pseudo-géométrie de Boèce.* Par Paul Tannery. I, pp. 39-50.

(3) *Haben Vitruv und die römischen Feldmesser aus Heron geschöpft ?* Von W. Schmidt. I, pp. 297-318.— *Sind die Heronischen Vielecksformeln trigonometrisch ?* Von W. Schmidt. I, pp. 319-320.

(4) *Hat Menelaos aus Alexandria einen Fixsternkatalog verfasst ?* Von A. A. Björnbo. II, pp. 196-212.

(5) *Le philosophe Aganis est-il identique à Geminus ?* Par Paul Tannery. II, pp. 9-11.

(6) *Galileo Galilei e Simone Mayr.* Di A. Favaro. II, pp. 220-223.

(7) *Note sur la trigonométrie de l'antiquité.* Par H. G. Zeuthen. I, pp. 20-27.

(8) *Neue Beiträge zur ägyptischen Theilungsrechnung.* Von F. Hultsch. II, pp. 177-184.

(9) *Die Entwickelung der Zeichen und Formelsprache in der Trigonometrie.* Von A. von Braunmühl. I, pp. 64-74.

(10) *Historische Untersuchung der ersten Arbeiten über Interpolation.* Von A. von Braunmühl. II, pp. 86-96.

(11) *Zur Geschichte der Enstehung des sogenannten Moivreschen Satzes.* Von A. von Braunmühl. II, pp. 97-102.

(12) *Zur Geschichte der Trigonometrie im achtzehnten Jahrhundert.* Von A. von Braunmühl. I, pp. 103-110.

(13) Janvier, 1901.

(14) *Notice sur un manuscrit arabe traitant de machines attribuées à Héron, Philon et Archimède.* Par Carra de Vaux. I, pp. 28-38.

Jordan Nemorarius (1), Leibniz (2), Butéon (3), Huygens (4), Wallis (5), Abû-Zakarîjâ (6), et Jacques Grégory (7); en voici d'autres sur l'histoire de la théorie des fonctions (8), de la série de Taylor (9), de la règle de Simpson pour le calcul approché des quadratures (10); d'autres enfin sur les mathématiciens Juifs (11), la construction des niveaux du XVIe siècle (12), les catalogues d'étoiles dressés par Hipparque et Ptolémée (13).

Restent les questions actuelles. Elles sont nombreuses, mais je n'en nommerai que trois : une étude de M. Müller sur la terminologie mathématique (14) ; les observations et rectifications de détail apportées par tous les savants de l'Europe à la deuxième édition des *Vorlesungen* de Cantor (15), idée originale due à M. Eneström, mais d'une utilité pratique incontestable ; enfin le programme du cours d'histoire des mathématiques de

(1) *Ueber die Lösung einiger Aufgaben im " Tractatus de numeris datis „ des Jordanus Nemorarius.* Von G. Wertheim. I, pp. 417-420.

(2) *Ueber Leibnizens Thätigkeit auf physikalischem und technischem Gebiete.* Von E. Gerland. I, pp. 421-432.

(3) *Die Logistik des Johannes Buteo.* Von G. Wertheim. II, pp. 213-219.

(4) *Ueber Huygens Näherungsmethoden bei Kreis- und Logarithmen-Berechnung.* Von M. Koppe. II, pp. 224-229.

(5) *Ettiptische und andere Integrale bei Wallis.* Von W. Kutta. II, pp. 230-234.

(6) *Das Rechenbuch des Abû-Zakarîjâ el-Hassâr.* Von H. Suter. II, pp. 12-40.

(7) *James Gregory " Vera circuli et hyperbolae quadratura „.* Von G. Heinrich. II, pp. 77-85.

(8) *Integration durch imaginäres Gebiet. Ein Beitrag zur Geschichte der Functionentheorie.* Von P. Stäckel. I, pp. 109-128. — *Beiträge zur Geschichte der Functionentheorie in achtzehnten Jahrhundert.* Von P. Stäckel. II, pp. 111-121.

(9) *Zur Geschichte des Taylorschen Lehrsatzes.* Von A. Pringsheim, I, pp. 433-479.

(10) *Notiz zur Geschichte der Simpsonschen Regel.* Von G. Heinrich, I, pp. 90-92.

(11) *Die Mathematischen Wissenschaften bei den Juden, 1441-1500.* Von M. Steinschneider. II, pp. 58-76.

(12) *Sur quelques niveaux du XVIe siècle.* Par F. Kucharzewski. I, pp. 60-63.

(13) *Die Sternkataloge des Hipparch und des Ptolemaios.* Von F. Boll. II, pp. 185-195.

(14) *Ueber die mathematische Terminologie. Eine historisch-linguistische Skizze.* Von F. Müller. II, pp. 282-325.

(15) *Kleine Bemerkungen zur zweite Auflage Cantors " Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. „* I, pp. 265-273, 499-514 ; II, pp. 143-152, 351-360.

l'Université de Gand, par Paul Mansion (1) ; je voudrais m'y arrêter ; mais le résumer est difficile : on ne résume guère un programme, surtout quand tous ses détails éveillent la curiosité et feraient plutôt désirer d'en lire un développement. C'est, en Belgique, un sujet bien neuf encore, à de nombreux points de vue, qu'un cours d'histoire des mathématiques. Aussi pourquoi ne pas formuler ici un vœu ? Pourquoi ne pas demander au savant et dévoué Secrétaire de la Société Scientifique d'en entretenir lui-même prochainement les lecteurs de la REVUE?

L'astronomie des Chaldéens, par le R. P. Kugler, S. J. (2). — Ces deux notes du R. P. Kugler sont des additions à son grand ouvrage sur le comput lunaire des Chaldéens, dont j'ai entretenu naguère les lecteurs de la REVUE (3). Les deux nouveaux petits articles que j'aurais voulu pouvoir résumer aujourd'hui sont dignes de la *Babylonische Mondrechnung* à laquelle ils forment une espèce d'appendice. Malheureusement, comme pour celle-ci, la minutie du détail en constitue l'attrait ; ils perdent à peu près tout leur charme quand on essaie de les abréger et de les condenser. La deuxième renferme cependant des conclusions d'intérêt général dont voici, semble-t-il, les plus dignes d'attention.

La première concerne la mesure du temps. Jadis Epping a formulé la règle suivie, chez les Chaldéens, dans la division du jour. Elle se traduit par la série d'égalités :

$$1^{d} = 6^{z}$$
$$1^{z} = 60^{\circ}$$
$$1^{\circ} = 60'$$
$$1' = 60''$$

Ce mode de fractionnement, comme le prouvent les découvertes du R. P. Kugler, n'était pas employé à l'exclusion de tout

(1) *Programme du cours d'histoire des mathématiques de l'Université de Gand*, par P. Mansion. I, pp. 232-236.

(2) *Zur Erklärung der Babylonischen Mondtafeln*, von F. X. Kugler, ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE, t. XV, 1901, pp. 178-209. — *Astronomische Masse der Chaldäer*, von F. X. Kugler. ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE, t. XV. 1901, pp. 383-392.

(3) Octobre, 1901. Je saisis cette occasion pour rectifier une inexactitude qui s'est glissée dans mon compte rendu et qui est de nature à induire en erreur. Babylone n'est pas à la latitude de 35°, comme je l'ai dit par distraction, mais bien à celle de 32° 1/2 ; ce sont donc les observations du *système II* qui ont été faites à Babylone.

autre, mais c'était néanmoins le plus usité et on en aperçoit sans peine le principal avantage, sa concordance parfaite avec la division de la circonférence en 360°. On remarque aussi, du premier coup d'œil, combien est naturel le partage du jour complet en six temps égaux. Le soleil, en effet, paraît décrire chaque jour une circonférence autour de la terre ; or, à toutes les époques, la division de la circonférence en parties égales par l'inscription d'un hexagone régulier a paru plus simple que toute autre.

Chez les Chaldéens, le fractionnement du jour concordait donc en général avec celui de la circonférence. Mais, disais-je il y a un instant, il ne faut pas entendre cette règle dans un sens trop exclusif, car elle souffre des exceptions pour la division du jour. Elle en admet d'autres encore pour celle de la circonférence ; car si nous devons aux Chaldéens nos degrés, minutes et secondes d'arc, ils avaient aussi d'autres unités de mesure de cette grandeur. Ainsi pour évaluer les arcs de l'écliptique, par exemple, ils employaient parfois un système d'unités défini au moyen des égalités :

1 écliptique = 12 kasbu
1 kasbu = 12 ammat
1 ammat = 24 ubânu.

Ce résultat est mis par le R. P. Kugler en pleine lumière (1).

Il est oiseux de s'étendre sur l'importance des recherches du savant Jésuite. On sait combien il est utile, indispensable parfois, de posséder des observations astronomiques s'échelonnant sur un très long espace de temps. Les tables chaldéennes existent et sont construites avec une remarquable exactitude. Elles se rapportent à une époque où les autres documents font à peu près défaut ; mais l'ignorance de la langue et de l'écriture assyriennes en rendait jusqu'ici l'emploi impossible. Bientôt, espérons-le, les travaux du R. P. Kugler permettront de les interpréter avec assez de certitude pour pouvoir les faire entrer en ligne de compte dans les calculs astronomiques.

Le scienze esatte nell' antica Grecia di Gino Loria (2). — Les deux premiers livres des *Sciences exactes dans la Grèce*

(1) Il faut donc regarder comme erroné, ce que l'auteur avait dit à la page 127 de la *Babylonische Mondrechnung*.

(2) Memorie della R. Academia di Scienze, Lettere ed Arti di Modena, Sezione di Scienze. Sér. II. Vol. XII. Modena, 1900. Libro III,

antique ont été publiés il y a plusieurs années déjà, en 1893 et en 1895. Sous les titres de *Il substrato matematico della Filosofia naturale dei Greci*, et de *Il periodo argenteo della Geometria greca*, l'auteur vient d'en faire paraître, en 1900, les livres troisième et quatrième ; pour achever son œuvre, il lui reste à nous en donner le cinquième, l'*Arithmétique des Grecs* (1).

Professeur de Géométrie supérieure à l'Université de Gênes, rédacteur en chef du BOLLETTINO DI BIBLIOGRAFIA E STORIA DELLE SCIENZE MATEMATICHE, par métier professionnel, M. Gino Loria est obligé d'être au courant de la littérature ancienne et moderne de son sujet. Cette littérature il la connaît admirablement, on le constate à chaque page des *Scienze esatte*. Les discussions de faits obscurs ou douteux, les monographies de questions particulières, les analyses de traités entiers ou de chapitres détachés dus à la plume des astronomes ou des géomètres grecs y abondent. Il y aurait même mauvaise grâce à les passer impitoyablement au crible de la critique. En rendant compte d'un ouvrage de large envergure, comme celui de M. Gino Loria, il est toujours aisé de prendre un air pédant et de démontrer avec étalage d'érudition et de preuves à l'appui, que l'auteur ne cite pas tous les documents, qu'en de menus détails il s'écarte peut-être trop aisément parfois de l'opinion traditionnelle, qu'il se trompe et interprète à tort tel ou tel texte grec. Je laisse à d'autres cette maladresse ! L'œuvre de M. Gino Loria est un vaste et bel édifice d'ensemble. On en ferait mal apprécier le caractère si, perdant de vue les grandes lignes de son architecture, on portait toute son attention sur certains détails accessoires. Les *Scienze esatte* peuvent être mises en parallèle avec les travaux de Cantor, de Schiaparelli, de Paul Tannery, en un mot avec ceux des maîtres de l'histoire qui ont traité le même sujet ; elles devront être consultées désormais par tous les érudits qui voudront écrire sur l'astronomie ou la géométrie grecque.

Voici les titres des chapitres principaux :

Livre III. — 1° Hypothèses cosmologiques et mesures astronomiques antérieurement à Hipparque. — 2° La Sphérique. — 3° L'Apogée de l'astronomie grecque. — 4° Les ouvrages de physique mathématique. — 5° Héron d'Alexandrie. — 6° Les géodésiens de second ordre (I geodeti minori).

Il substrato matematico della Filosofia naturale dei Greci, pp. 3-138. — Libro IV. *Il periodo argenteo della geometria greca*, pp. 139-216.

(1) Voir l'épilogue du Livre IV.

Livre IV. — 1° Geminus. — 2° Théon de Smyrne. — 3° Pappus d'Alexandrie. — 4° Le néo-platonisme ; Proclus, Marin, Simplicius. — 5° Eutoce. — 6° Serenus.

Le chapitre de l'*Apogée de l'Astronomie grecque* est naturellement consacré à l'*Almageste* de Ptolemée. M. Gino Loria y laisse un peu au second plan le point de vue purement astronomique et s'attache surtout à la partie mathématique de cet ouvrage célèbre. Son étude de la trigonométrie des Grecs est probablement la plus complète et la plus exacte qui ait été faite jusqu'ici. Entre autres détails intéressants, j'y remarque qu'à la suite de M. Paul Tannery, M. Gino Loria semble assez près d'attribuer la première invention de la trigonométrie à Apollonius et non pas à Hipparque, comme on le fait communément (1).

Anatolius sur les dix premiers nombres, par MM. Heiberg et Paul Tannery (2). — Ce travail contient deux parties : l'édition du texte grec d'Anatolius précédée d'une courte préface par M. Heiberg ; la traduction française de ce texte et une note sur Anatolius, par M. Paul Tannery.

Le texte grec est publié d'après le *Cod. Monac.* gr. 384 (fol. 57v-59r). Ce manuscrit est écrit sur papier oriental et remonte au xve siècle. On y distingue plusieurs mains et leur écriture est fort négligée. M. Heiberg s'est efforcé de découvrir d'autres manuscrits du texte d'Anatolius, entre autres celui dont s'était jadis servi Georges Valla ; ses recherches n'ont pas abouti.

Le traité d'Anatolius est de peu d'étendue, et appartient à un genre de littérature très ignoré. M. Paul Tannery a donc cru utile d'en donner une traduction. Il a voulu, dit-il, faire œuvre non de philologue, mais simplement de vulgarisateur pour une catégorie d'écrits dont la connaissance est limitée à un cercle d'érudits très restreint. Voici, en vue de donner au lecteur une idée de cette littérature, les considérations d'Anatolius sur le nombre *trois* :

" Le ternaire provient de l'addition de l'unité et du binaire ; c'est le premier nombre impair. Quelques-uns l'appellent *parfait*, parce qu'il est le premier qui signifie le tout, commencement, milieu et fin. Nous l'employons pour mettre en relief ce qui est extraordinaire, comme quand nous disons *trois fois*

(1) Voir p. 67.

(2) Annales Internationales d'Histoire. *Congrès de Paris, 1900, 5e Section. Histoire des Sciences.* Paris, 1901, pp. 27-57.

heureux ; les prières et les libations se répètent trois fois. Le ternaire désigne, en premier lieu, commencement, milieu et fin, puis la surface, qui vient après le point et la ligne ; c'est l'image du plan et la première *hypostase* dans les triangles (1), dont il y a d'ailleurs trois genres, équilatéral, isocèle, scalène. Il y a de même trois sortes d'angles rectilignes : le droit, l'aigu, l'obtus ; trois parties du temps : le présent, le passé, l'avenir. Nous assimilons le ternaire, parmi les vertus, à la Tempérance, car elle est la juste mesure entre l'excès et le défaut. Le ternaire résulte du binaire plus l'unité, ou inversement. En l'ajoutant à la somme de l'unité et du binaire, on a 6, qui est proprement le premier nombre parfait. „

Dans l'*Observation* qui fait suite à sa traduction, M. Paul Tannery discute en quelques mots le personnage d'Anatolius. On admet communément, à tort, l'existence de deux mathématiciens de ce nom ; c'est, par exemple, l'opinion de Cantor dans ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* (2). Le professeur d'Heidelberg distingue un Anatolius chrétien, évêque de Laodicée, et un Anatolius païen, maître de Jamblique (3).“ M. Gomprez, dit M. Paul Tannery, par une discussion très serrée a démontré que cet Anatolius païen est un personnage inventé mal à propos et que c'est du chrétien, qui, avant 278 de notre ère, occupait à Alexandrie la chaire officielle de philosophie aristotélique, que Jamblique a suivi les leçons. „ La thèse de M. Gomprez n'est pas nouvelle et M. Tannery lui-même la mettait en avant, dès 1887, dans son ouvrage *La Géométrie Grecque* (4). Mais les arguments que fait valoir aujourd'hui M. Gomprez paraissent, dit-il, trancher définitivement la question.

Anatolius, comme Théon de Smyrne, semble avoir puisé dans les *Theologumena* de Nicomaque. Cet ouvrage, écrit à la fin du premier siècle de notre ère, est aujourd'hui perdu, mais Photius pouvait le lire au IXe siècle.

Une correspondance d'écolâtres du XIe siècle publiée par MM. Paul Tannery et l'abbé Clerval (5). — Ces écolâ-

(1) “ 3 = 1 + 2 est le premier nombre triangle effectif, 1 n'est triangle qu'idéalement „ (Note de M. P. Tannery).

(2) 2e édit., tome I, p. 429.

(3) *Ibid.*, p. 429.

(4) Paris, Gauthier-Villars, p. 42.

(5) Notices et Extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autres Bibliothèques, publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres. T. 36, 2e part. Paris, 1901, pp. 487-543.

tres sont Radolf de Liége et Ragimbold de Cologne. Le xe siècle et le xie, dit M. Le Paige (1), furent, dans le moyen âge, l'époque la plus brillante des écoles liégeoises. Cantor, dans son Histoire des mathématiques, se plaît à énumérer parmi les astronomes, Engelbert de Liége; parmi les abacistes, Heriger de Lobbes, Hilbert de St-Hubert, Francon de Liége. Ce dernier s'occupa également de géométrie et d'autres parties des mathématiques, comme Rodolphe de Liége, Adalbon, Wazon. Peut-être faut-il ranger Notger, le grand évêque, parmi les auteurs d'écrits sur l'astronomie et le comput.

" Liége était le centre de la vie intellectuelle, non seulement pour la Lotharingie, mais pour l'Allemagne tout entière et son influence s'étendait au-delà des frontières de la grande patrie germanique jusqu'au pays de France.

„ Malheureusement, de tous les noms brillants que l'histoire nous rapporte il ne reste guère que le souvenir, et peu nombreux sont les travaux des hommes illustres qui nous sont parvenus. Il est juste cependant de signaler les quelques débris qui subsistent de cette science mathématique produite par l'école liégeoise. „

De ces débris, le plus important était jusqu'ici l'opuscule *De Quadratura Circuli* de Francon de Liége, édité, en 1882, par le Dr Winterberg (2). Désormais la Correspondance de Radolf de Liége avec Ragimbold de Cologne tiendra une place importante à côté de cet écrit de Francon.

Elle est bien curieuse, bien intéressante, la correspondance de nos deux écolâtres! Mais pour l'apprécier à sa valeur, il faut avoir soin de se rappeler sa date et de la laisser dans son cadre. Traiter, par exemple, nos deux savants de mathématiciens, au sens moderne de ce mot, serait une méprise évidente; aussi bien, eux-mêmes n'en eussent-ils pas revendiqué le titre. Ce sont, pour parler le langage du temps, des personnages très doctes, *doctissimi*, s'intéressant à des questions dont ils ne possèdent pas les éléments de la véritable solution. " En soutenant des opinions opposées, dit avec beaucoup de raison M. Paul Tannery (3), ils poursuivent une discussion épistolaire, qui fait un certain bruit

(1) *Notes pour servir à l'histoire des Mathématiques dans l'Ancien Pays de Liége;* publiées dans le Bulletin Archéologique Liégeois, t. 21. Liége, 1882, p. 459.

(2) Zeitschrift für Mathematik und Physik, t. 27. Leipzig. 1882. *Abhandl. zur Gesch. der Mathem.* 4ter Heft, pp. 135-190.

(3) *Introduction*, p. 494.

parmi les lettrés de la Lotharingie, aussi incapables qu'eux de la trancher. „ Si les questions débattues appartiennent à la géométrie, cette circonstance indique seulement qu'à cette époque les éléments de cette science étaient ignorés. Ragimbold et Radolf sont des professeurs. Ce qu'ils savent, ce qu'ils enseignent en fait, c'est le latin, mais tout ce qui concerne l'interprétation des auteurs sacrés et profanes est de leur ressort. Ils ne sont nullement spécialisés dans une branche de l'enseignement, car il n'était pas alors tellement étendu qu'il ne pût et ne dût être embrassé dans son ensemble par ceux qui s'y consacraient.

Mais ces considérations sur la science du XIe siècle sont générales et vagues; entrons donc quelque peu dans le détail et cherchons à donner une idée plus précise des connaissances géométriques d'un écolâtre de cette époque; la chose mérite de nous arrêter un instant.

Boèce, écrit Ragimbold à Radolf, Boèce, dans son Commentaire sur les Catégories, énonce la proposition suivante : “ Nous savons que les trois angles *intérieurs* d'un triangle ont une somme égale à deux droits „ (1).

Cette phrase a, depuis longtemps, frappé Ragimbold. Mais ce qui le préoccupe, ce n'est pas la démonstration de cette vérité, il se demande pourquoi Boèce a parlé d'angles *intérieurs;* il y a donc des angles *extérieurs*, quels sont-ils?

Ragimbold s'est formé personnellement cette opinion, qu'angle *extérieur* est synonyme d'angle *obtus*, et angle *intérieur* synonyme d'angle *aigu* (2). On entrevoit sans peine à quelles conséquences invraisemblables le conduit une idée aussi baroque. Ne serait-on pas tenté de croire que Ragimbold n'a jamais lu les énoncés du premier livre d'Euclide ? “ Tout au contraire, dit M. Paul Tannery, il les connaissait par la traduction de Boèce; mais c'était pour lui une suite d'énigmes indéchiffrables (3). „ C'est qu'en fait de connaissances géométriques, un écolâtre du XIe siècle ne dépassait pas le niveau où pouvait avoir atteint un Grec avant Pythagore. Gerbert n'était nullement parvenu, à la fin du Xe siècle, à instituer réellement un enseignement de la géométrie.

Les pièces, lettres et morceaux inédits publiés par MM. Clerva et Tannery, mettent cette vérité, connue il est vrai depuis long-

(1) *Lettre IV*, p. 522.
(2) *Ibid.*
(3) *Introduction*, p. 497.

temps, dans une nouvelle lumière. Ces pièces sont au nombre de dix. M. Paul Tannery les fait précéder d'une érudite préface dont voici le plan et les titres des divers chapitres : I. Notice sur les manuscrits utilisés. — II. Ragimbold de Cologne. — III. Radolf de Liége, détails concernant les deux correspondants. — IV. Examen des questions débattues entre eux. — V. Sur la *Géométrie* du Ps.-Boèce.— VI. Sur la *Géométrie* dite de Gerbert. — VII. Remarque sur Francon de Liége. — VIII. Ce qu'on entendait au XIe siècle par quadrature du cercle.

Je ne ménagerai pas les éloges à cette introduction, elle est digne de M. Paul Tannery. J'en serai d'autant plus à l'aise, pour dire qu'au sujet de Radolf de Liége elle contient une distraction.

" Je n'ai trouvé aucune mention „ de Radolf de Liége, dit M. Tannery (1), " antérieure à celle de Werner (*Gerbert von Aurillac, die Kirche und Wissenschaft seiner Zeit.* Vienne 1878, p. 77), qui parle de Radolf de Liége et Ragimbold de Cologne, comme de mathématiciens en renom du temps immédiatement postérieur à Gerbert, mais n'indique aucun témoignage à l'appui de son dire. En tous cas, c'est M. l'abbé Clerval, qui dans son ouvrage, les *Écoles de Chartre au moyen âge*, 1895, a le premier signalé les lettres entre Radolf et Ragimbold, et, en en donnant quelques extraits, en a fait connaître toute l'importance. „

Dans une note du bas de la page, M. Tannery ajoute :

Werner " aurait-il eu connaissance du nom de Radolf par Michel Chasles, qui aurait remarqué les lettres que nous publions ? „

Oui, Chasles les avait remarquées, et il avait signalé la correspondance de Radolf et de Ragimbold, dès 1843, plus d'un demi-siècle avant l'abbé Clerval. Grâce à la vanité de petites gens retenant volontiers les rares compliments qu'on leur adresse, nous autres, Belges, nous n'avons eu garde de l'oublier. M. Tannery aurait pu s'en convaincre en parcourant, par exemple, les *Notes pour servir à l'Histoire des Mathématiques dans l'ancien pays de Liége*, de M. Le Paige (2). M. Tannery

(1) *Introduction*, p. 493.

(2) P. 459.

J'appelle en outre l'attention sur le passage suivant de Le Paige :

" Rodolphe de Liége a laissé quelques lettres sur des sujets de géométrie adressées à Ragimbold de Cologne. Le commencement et la fin de ces lettres sont cités par M. Schepss dans son mémoire : *Geschichtliches aus Boetiushandschriften* (NEUES ARCHIV DES GESELL. FÜR ÄLTERE DEUTSCHE GESCHICHTSKUNDE, IIter Band, S. 138-139) „. *Ibid.*, p. 463.

a perdu de vue cet ouvrage du savant professeur de l'Université de Liége. Son article, si rempli de références et de notes, ne le nomme pas.

Quoi qu'il en soit, voici le passage de Chasles (1) :

" Le manuscrit 6401, ancien fonds de la Bibliothèque royale, contient, parmi d'autres pièces mathématiques, une correspondance entre deux auteurs nommés Rodolphe de Liége et Rogimbolde de Cologne, qui écrivaient dans le premier tiers du XIe siècle, car ils citent Fulbert évêque de Trèves, et Adelbolde évêque d'Utrecht comme vivants.

Un peu plus loin, Chasles dit encore (2) :

" Un autre manuscrit de la Bibliothèque royale, N° 7377 C, contient une pièce qui paraît adressée au même Rodolphe par un anonyme B. „

Les manuscrits latins 6401 et 7377 C sont précisément deux des trois manuscrits utilisés par MM. Clerval et Tannery. Pas plus que Chasles, M. Paul Tannery ne parvient à restituer le nom complet du moine B. Quant au destinataire de la lettre c'est, d'après lui, certainement Ragimbold. Je partage son avis. La lettre débute par cette phrase : " Domno R. Scolasticorum generalissimo ac uirtutum merito aliis digne praelato, B monachorum infimus „ (3), qui s'applique beaucoup mieux à Ragimbold qu'à Radolf comme le croyait Chasles.

Stevin's Problemata Geometrica, door N. L. W. A. Gravelaar (4). — Le travail de M. Gravelaar se divise en deux

(1) *Histoire de l'Arithmétique. Développements et détails historiques sur divers points du système de l'Abacus*, par M. Chasles, publié dans les COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. XVI, 1843, p. 1417.

(2) *Id.*, p. 1417.

(3) Pièce IX, p. 533.

Dans la pièce I (p. 514) Ragimbold est nommé du même titre : " Coloniensis Ecclesiae generalissimus scolasticus „.

(4) NIEUW ARCHIEF VOOR WISKUNDE, Tweede reeks, Vijfde Deel, 1891.

Voici le titre de l'ouvrage de Stévin étudié par M. Gravelaar : *Problematvm | Geometricorvm | In gratiam D. Maximiliani, Domini A | Creningen & c. editorum, Libri V. | Auctore | Simone Stevinio Brvgense. | Antverpiae, | Apud Ioannem Bellerum ad insigne | Aquilae aureae.* — M. Gravelaar nomme quatre exemplaires de cet ouvrage : Bibl. de l'Univ. de Leyde, Bibl. roy. de Belgique, Bibl. comm. à Anvers, Bibl. de l'Univ. de Louvain.

Cette énumération est assez incomplète. La Bibl. roy. de Belgique possède jusqu'à trois exemplaires des *Problemata*, cotés respectivement

parties, l'une bibliographique, l'autre mathématique. Un mot d'abord de la première.

On ne connaît le plus souvent Simon Stévin que par ses *Œuvres mathématiques* éditées par Albert Girard, en 1634, à Leyde chez les Elzévir. C'est, semble-t-il, le seul ouvrage du grand géomètre étudié par Cantor dans le texte original. L'illustre professeur d'Heidelberg le regrette et s'en excuse : la faute en est uniquement, dit-il, à l'excessive rareté des autres ouvrages de Stévin (1). Quel dommage ! Car si l'édition d'Albert Girard nous fait suffisamment connaître Stévin mathématicien et Stévin ingénieur, il est en outre un autre Stévin financier, politique, homme d'État, qui y est à peu près passé sous silence.

Je n'exagère nullement en prononçant les mots de *financier* et d'*homme d'État*, car entre mille preuves aisées à donner, ne sont-elles pas à la fois d'une simplicité et d'une grandeur, j'allais dire homériques, les conversations de Stévin et de Maurice de Nassau racontées dans le *Livre de Compte de Prince* ? Voici, par exemple, la fin de la première. Le Géomètre vient d'engager le Stadhouder à réformer le mode de comptabilité de ses finances. Un commerçant, lui dit-il, est à tout instant à même d'établir la balance entre ses recettes et ses dépenses ; un prince est toujours devant l'inconnu. C'est qu'il ne tient pas son *Livre de compte en domaine* en y observant les règles suivies par les grands négociants dans leurs *Livres de compte de marchands*. Ceci dit, je transcris la suite de ce dialogue (2) :

" S. Ex. (3). Vous semble-t-il que j'apprendroy bien le tenir livre de compte, si je m'y adonnoy ?

V. H. 8122 ; V. 4963 ; et II, 16691. J'en connais d'autres à la Bibl. de l'Univ. de Gand (Math. 926A) et à celle du Coll. de la Compagnie de Jésus à Louvain. Enfin M. Eneström a fait connaître dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (III, t. II, p. 510) que l'ouvrage existait à Stockholm et à Messines.

(1) *Vorlesungen über Gesch. der Math.* 2e éd., t. 2, p. 573.

(2) *Memoires mathematiqves, Contenant ce en quoy s'est exercé le tres-illvstre, tres-excellent Prince & Seigneur Mavrice Prince d'Orange, conte de Nassau... Descrit premierement en Bas Allemand par Simon Stevin de Bruges, translaté en François par Iean Tvning... A Leyde, Chez Ian Paedts Iacobsz... cb. lo. c. viii.* — Cinqviesme volvme..., Des meslanges... ; devxiesme partie des meslanges, dv livre de compte de prince à la maniere d'Italie ; p. 12. — La Bibliothèque royale de Belgique possède cette édition V. 4822[1].

(3) " Mais afin qu'au recit d'iceux propos nous ne disions ici chasque fois et souvent, alors il disoit, et la dessus je respondoy, je descriray ceci (c'est-à-dire toute la conversation) en forme de colloque, quasiment

„ ST. Vostre excellence a comprins d'autres choses beaucoup plus difficiles.

„ S. Ex. Mais veu que je ne m'entends point au train de marchandise, à sçavoir si l'apprantissage des propres mots et autres circonstances, que les Marchans sçavent par continuelle accoustumance, ne requiereroit plus de temps qu'il me seroit utile d'y appliquer.

„ ST. J'estime que tel inconvenient s'en pourroit suivre si vostre Excellence vouloit le tout examiner de si près, comme il est bien besoing à ceux qui en effet s'en veulent exercer comme Teneurs de livres de compte.

„ S. Ex. Je desirerois pour le premier seulement veoir en gros que c'est tenir livre de compte, et selon l'inclination que j'en acquireroy, je m'en pourroy exercer plus ou moins.

„ ST. J'estime que vostre excellence en verroit beaucoup en deux ou trois sepmaines.

„ S. Ex. Avez vous quelque chose prest, escrit ou imprimé, servant à cela.

„ ST. Ouy Monseigneur.

„ S. Ex. Quand nostre Algebre sera achevée, il nous y faut aborder, appresté cependant ce qui est nécessaire, car j'en suis fort désireux „.

Ici finit ce colloque. Or, ajoute Stévin : " Il est advenu puis apres, qu'estant nostre Algebre achevée, Son Excellence se souvenoit autrefois du livre de compte du Marchand, tellement qu'il commençoit à l'apprendre, et finalement l'entendoit à son contentement : De sorte que je le mettray ici entre ses Memoires Mathematiques : ce qui estant descrit, je diray puis apres comment nous procedames plus outre au livre de compte en Domaine, en donnant aussi exemple. „

Mais en d'autres occasions l'élève trouve cependant parfois " des difficultez „ dans l'enseignement du professeur. L'on ne sait plus alors ce qu'il faut davantage admirer. le clair bon sens et la profondeur de Stévin, ou l'originalité d'esprit et la promptitude des décisions pratiques du vainqueur de Nieuport (1).

de mot à mot comme alors les propos se rencontroyent, là ou à cause de brieveté avec les lettres S. Ex. se denote Son Excellence, et par ST *Stévin „ (Memoires mathematiques...* Livre de Compte de Prince, p. 11).

On sait qu'Albert Girard n'a pas cru devoir rééditer le Livre de compte de Prince.

(1) La préface de ce traité de Stévin est datée de 1607 ; l'auteur avait alors 59 ans et Maurice de Nassau 40.

Malgré l'intérêt du sujet, j'ai hâte de conclure : ce que je viens de dire suffit, semble-t-il, à le prouver : Pour étudier Stévin il est nécessaire de ne pas se borner aux seules *Œuvres mathématiques* éditées par Albert Girard. On ne saurait donc trop encourager des travaux bibliographiques comme celui de M. Gravelaar. Et cependant, après en avoir félicité l'auteur, force m'est d'ajouter : son essai ne satisfait pas pleinement. Ce n'est pas que j'y relève soit des erreurs notables, soit des omissions importantes; mais cette bibliographie eût pu être rédigée d'une manière plus utile. Si j'en excepte les *Problemata geometrica*, but principal de l'article, M. Gravelaar ne se réclame pas de recherches bibliographiques originales, mais il s'appuie sur des travaux antérieurs et connaît notamment la Bibliotheca Belgica, par le Bibliothécaire en chef de l'Université de Gand. Il y a lu, puisqu'il la cite, une magnifique étude sur les éditions de Stévin (1). Pourquoi donc ne pas nous donner le plus précieux des renseignements qu'on y trouve ? Pourquoi ne pas nous dire dans quelles Bibliothèques se rencontrent les divers Mémoires de Stévin, devenus tous si rares ? Et si M. Gravelaar estime une énumération de ce genre déplacée ou trop longue, pourquoi ne pas indiquer au moins une Bibliothèque pour chaque Mémoire et chacune de ses éditions ? Je me contenterais même de moins; le professeur de Deventer doit l'avoir constaté comme moi, la Bibliotheca Belgica n'est pas connue des historiens des mathématiques comme elle mériterait de l'être (2). Pourquoi donc ne pas leur dire qu'ils y trouveront sur les éditions de Stévin tous les renseignements souhaitables ? Cette simple indication eût suffi pour éviter dans l'avenir des recherches longues et superflues à plus d'un travailleur.

J'aborde maintenant la deuxième partie du travail de M. Gravelaar, l'analyse des Problèmes de Géométrie de Stévin. Ici je n'ai plus que des éloges à adresser à l'auteur. Les Problèmes sont divisés en cinq livres, dont le troisième, qui a pour but l'étude des polyèdres réguliers et semi-réguliers, est le plus remarqua-

(1) Bibliotheca Belgica. Gand, 1880-1890, 1re série, t. XXIII.

(2) Cantor, par exemple, n'en a évidemment pas eu connaissance. C'est ce qui explique les assertions erronées si nombreuses et parfois si étranges au sujet des œuvres de Stévin, qu'on lit en divers endroits des *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* (t. II). M. Gravelaar les relève et les corrige avec beaucoup de soin et fait en cela un travail très utile.

ble. Pour faire comprendre ce que Stévin entend par polyèdres semi-réguliers, donnons la définition de l'un d'eux :

" Divisez chaque arête d'un tétraèdre régulier en trois parties égales, découpez chaque angle trièdre par le plan des trois points les plus voisins du sommet ; le solide restant se nomme tétraèdre tronqué au tiers des arêtes. Ce solide a quatre faces hexagonales, quatre faces triangulaires, douze angles solides et dix-huit arêtes „ (1). Les hexagones sont réguliers, les triangles équilatéraux et les angles trièdres égaux entre eux.

Steichen, il y a plus d'un demi-siècle déjà, appelait, mais sans grand succès, l'attention des géomètres sur ces polygones semi-réguliers (2). M. Gravelaar le fait une fois de plus aujourd'hui. Ce nouvel appel aura-t-il plus d'écho que le premier ? Je le voudrais mais sans trop oser l'espérer, les polyèdres semi-réguliers étant fort oubliés. Le travail de M. Gravelaar est néanmoins de nature à provoquer leur étude et surtout à la faciliter notablement. Car, il serait inutile d'essayer de le nier, certaines expressions de Stévin rendent parfois la lecture de ses *Problemata* un peu pénible. Ce sont des logogriphes que ces mots : " *Subsuperparticularis, subsuperpatiens, submultiplex subsuperparticularis, submultiplex subsuperpatiens !* (3). M. Gravelaar nous en donne la traduction en formules algébriques équivalentes et nous rend par là un véritable service. Des tableaux comme ceux des pages 24 et 25 sont des vocabulaires précieux de la langue de Stévin. Ailleurs M. Gravelaar reprend la démonstration entière de certaines propositions et la refait en langage et en notations modernes. Enfin pour nous donner une idée d'ensemble des *Problematum geometricorum libri V* il transcrit, dans un appendice, les énoncés de toutes les définitions, propositions, corollaires, notes et scolies que renferme l'Ouvrage du Géomètre brugeois.

Un mot encore. A l'occasion de ce compte rendu, je viens de raviver un vieux souvenir et de relire les *Problematum geometricorum libri V* de Stévin ; j'ai reparcouru aussi la partie cor-

(1) *Prob. geom. lib. V.* Liv. 3, def. 12, p. 50.

(2) *Mémoire sur la vie et les travaux de Simon Stévin.* Bruxelles, 1846. Voyez, p. ex., p. 193.

(3) Subsuperparticularis $= \frac{n}{n+1}$. Subsuperpatiens $= \frac{n}{n+l}$. Submultiplex subsuperparticularis $= \frac{n}{kn+1}$. Submultiplex subsuperpatiens $= \frac{n}{kn+l}$.

respondante des *Œuvres mathématiques* dans l'édition d'Albert Girard. M. Gravelaar indique avec un soin minutieux quelles sont les propositions du premier de ces ouvrages qui se retrouvent dans le second, et aussi quelles sont celles qu'on n'y rencontre pas. C'est fort bien, ce n'est pas assez ; car il eût fallu ajouter : on admire dans les *Problemata* originaux, une logique de déduction, une simplicité de méthode, une généralité de démonstration, qu'on ne retrouve peut-être pas tout entière dans la *Practique de Geometrie*. Les *Problemata* faisaient l'admiration d'Adrien Romain (1) ; ils sont incontestablement l'un des plus beaux Mémoires de Simon Stévin.

Lettres inédites adressées au Père Mersenne, publiées par M. Paul Tannery (2). — Quel titre fait pour piquer la curiosité du lecteur : La Correspondance du Père Mersenne ! Hélas ! il ne s'agit pas d'une œuvre analogue à la Correspondance de Fermat ou de Descartes, éditées elles aussi l'une et l'autre par M. Paul Tannery. Celui-ci ne nous donne cette fois qu'un simple et court spécimen des lettres adressées au célèbre Minime et semble surtout prendre un malin plaisir à nous faire désirer la publication des autres.

La correspondance du Père Mersenne ! A la seule Bibliothèque Nationale de Paris, le Recueil des Lettres au Père Mersenne remplit trois gros volumes (3). Il y a là, on le sait, un véritable trésor de renseignements inédits sur les sujets les plus divers. Mais depuis une douzaine d'années (4) que ce trésor est à la disposition des travailleurs, il n'a guère été utilisé, sauf pour les lettres signées de noms illustres. Or, en fait, les lettres au P. Mersenne émanent pour la plupart de correspondants qui, loin d'avoir joué les premiers rôles, n'eussent pas pu tenir convenablement les seconds ni même les troisièmes. Mais c'est là

(1) *Ideae malhematicae pars prima... Authore Adriano Romano Lovaniensi... Lovanii. Apud Joannem Masium.. cic. ic. xciii.* Éloge de Stévin, dans la Préface (p. 9. n. ch.)

(2) Annales Internationales d'Histoire, *Congrès de Paris, 1900. 5e section, Histoire des Sciences.* Paris, 1901, pp. 311-343.

(3) Cotés : " Nouvelles acquisitions françaises, 6204-05-06 ". Voir : *Bibliothèque nationale, Catalogue des Fonds Libri et Barrois*, par Léopold Delisle, membre de l'Institut, Administrateur général de la *Bibliothèque nationale*. Paris, 1888, pp. 166-167.

(4) La correspondance de Mersenne est entrée à la Bibliothèque nationale en 1888 (Voir Tannery, *Lettres inédites adressées à Mersenne*, p. 313, Note 2).

précisément ce qui en fait l'intérêt particulier. Pour approfondir l'histoire de la science dans la première moitié du XVIIe siècle, il ne suffit pas de s'attacher aux noms retentissants de Descartes, de Galilée, de Roberval, de Pascal, de Fermat ; il faut, si c'est possible, reconstituer le milieu intellectuel dans lequel leurs grandes œuvres ont été conçues. C'est ce milieu que la correspondance de Mersenne fait connaître. A une époque où le développement de la presse scientifique n'avait pas encore pris son essor, elle tient la place de nos Revues périodiques. Elle est le grand moyen de vulgarisation et de diffusion de la pensée. A sa lecture on apprécie quelles idées étaient " dans l'air „ et ont trouvé par suite sans difficulté un accueil favorable ; quelles autres, plus complètement originales, ont d'abord été incomprises et, comme telles, soit négligées, soit combattues plus ou moins longtemps.

Pour faire ressortir ce caractère de la correspondance de Mersenne, M. Paul Tannery publie une série de lettres inédites : " Mon but, dit-il (1), est de donner un spécimen *moyen* de la correspondance reçue par le Minime ; je n'ai donc pas choisi spécialement des lettres en raison de leur intérêt pour telle ou telle question ; j'ai réuni celles qui venaient d'une même région de la France, en fait la région bordelaise. „

Ces lettres sont au nombre de neuf. Elles remplissent suffisamment le but que s'était proposé M. Tannery, mais elles éveillent le désir d'en voir, à bref délai, éditer un plus grand nombre (2).

(1) P. 312.

(2) Dans le même fascicule des ANNALES INTERNATIONALES d'HISTOIRE (pp. 301 et suiv.), M. Tannery donne encore un autre renseignement au sujet de la correspondance de Mersenne : " La Hofbibliothek de Vienne, dit-il, renferme, sous les n°s 7049 et 7050, un recueil de lettres manuscrites du XVIIe siècle, achetées en France, vers 1720, par le comte de Hohendorf qui y était ambassadeur. Le nombre des pièces est de 491 ; comme elles ne sont point cataloguées, je crois intéressant de donner le relevé que j'en ai fait. „

Plus loin (p. 308) M. Tannery ajoute :

" Enfin — et c'est la partie la plus intéressante pour l'histoire de la science proprement dite — nous rencontrons (sous ces n°s 7049 et 7050) un assez bon nombre de pièces provenant certainement de l'héritage du mathématicien Roberval (1602-1675), et c'est ainsi que s'explique aussi la présence de papiers de Mersenne qui devraient figurer dans le recueil que nous possédons à Paris (Bibl. nat. fr. nouv. acq. 6204, 6205, 6206), mais dont Roberval s'était emparé à la mort du Minime. „

Il metro proposto come unita di misura nel 1675, par Antonio Favaro (1). — Cette étude de M. Favaro, professeur à l'Université de Padoue, est une simple contribution à l'une des questions posées par le Congrès de l'Histoire des Sciences, tenu à Paris en 1900 : " Faire l'histoire de l'établissement des unités de mesure ". Mais si l'auteur ne prétend pas traiter la question dans son ensemble, le point spécial dont il s'occupe est cependant digne d'attention.

Une critique de détail pour commencer.

Le titre placé en tête du travail de M. Favaro est-il choisi avec beaucoup de bonheur ? Nous annoncer le *mètre* proposé comme unité de mesure en 1675, n'était-ce pas ménager au lecteur une légère déception ? Bien plus, n'était-ce pas la lui ménager gratuitement ? Car l'étude de M. Favaro est fort bien faite, et digne à tout point de vue de l'éditeur des Œuvres de Galilée.

A peine a-t-on lu les premières pages de " Il metro ", qu'on s'aperçoit que sous ce nom de *mètre* il n'est pas question de la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, mais bien de la longueur du pendule battant la seconde. Mais alors quelle importance ce sujet présentait-il encore en 1675 ? Deux ans auparavant, en 1673, Christiaan Huygens s'exprimait ainsi, dans un passage célèbre (2) :

" Après avoir disposé les rouages de l'horloge comme je viens de l'indiquer, on donnera au pendule une longueur choisie de manière à lui faire battre la seconde à chaque oscillation. Cette longueur est de trois pieds, mais il n'est pas commode de la déterminer par le dessin. Je la dis de trois pieds, ce qu'il faut entendre non pas de l'un ou l'autre pied en usage chez quelque nation de l'Europe, mais du module certain et éternel d'un pied déterminé par la longueur de ce pendule. On pourrait le nommer désormais pied horaire. C'est à sa mesure qu'il faut rapporter la longueur de tous les autres pieds, si nous voulons les faire con-

(1) Annales Internationales d'Histoire. — *Congrès de Paris, 1900. 5e section, Histoire des Sciences.* Paris, 1901, pp. 82-100.

(2) *Chr. Hugenii Zulichemii, horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato, demonstrationes geometricæ.* Parisiis, ap. F. Muguet, 1673, p. 7 ; ou bien : *Christiani Hugenii Zulichemii Opera varia.* Lugduni Batavorum, apud Janssonios van der Aa, 1724, t. I, p. 36. Les principaux essais faits de Huygens à Bessel pour déterminer la longueur du pendule à secondes, sont résumés par M. van der Willigen dans la première partie de son mémoire *Sur les Mesures naturelles* publié dans les Archives du Musée Teyler, Harlem 1871, t. III, p. 142.

naître sans ambiguïté à nos descendants. Car les siècles futurs n'ignoreront pas la vraie dimension du pied de Paris, par exemple, quand ils connaîtront son rapport au pied horaire, 864 : 881. „

Cette idée de prendre la longueur du pendule comme base des mesures naturelles, Huygens lui-même n'en eût probablement pas revendiqué la paternité. Il la savait vieille de plusieurs années déjà, car elle avait fait l'objet de plus d'une discussion, entre autres à Londres ; mais il la reprenait, la faisait sienne et la lançait au public dans un ouvrage dont la renommée retentissait avec éclat par l'Europe entière.

Dès lors quel intérêt spécial, encore une fois, la question présentait-elle deux ans plus tard, en 1675 ?

Cette réflexion je me la suis faite en lisant l'étude de M. Favaro, j'en ai subi l'obsession à peu près jusqu'à la dernière page et plus d'un lecteur, je le crains, la subira comme moi. Eh bien ! c'est à tort. Le titre induit en erreur. Ce qu'il ne dit pas, c'est que M. Favaro se propose de rechercher quel savant a le premier baptisé du nom de *mètre* l'unité de mesure naturelle. Ce savant est Tite-Live Burattini et son mètre le pendule battant la seconde (1).

Lu à ce point de vue rectifié, le travail de M. Favaro est plein d'attrait et ne mérite que des éloges.

Tite-Live Burattini est une figure assez étrange. Né, en 1615, à Venise, fils de bonne famille, il s'expatrie, à 22 ans, pour chercher fortune. En 1637, il se rend en Égypte où il étudie pendant quelques années les antiquités. En 1641, il revient en Europe, fait un court séjour en Allemagne, puis se rend en Pologne où il ne tarde pas à s'insinuer dans les bonnes grâces de Ladislas IV, puis dans celles de son successeur Casimir II.

Après avoir occupé une situation très en vue sous les règnes de ces deux rois, Tite-Live Burattini voit son étoile pâlir sous celui de Michel Wisnowiecki, et finit par mourir à peu près oublié, en 1682 (2).

En 1672, Burattini publia en italien, à Vilna, le traité qui fait l'objet de l'étude de M. Favaro. Il est intitulé : " Misura universale, overo Trattato nel qual si mostra come in tutti li luoghi del

(1) Voir p. 99 (p. 20 du tiré à part) où le but visé par M. Favaro est nettement indiqué.

(2) M. Favaro renvoie à son grand travail : *Intorno alla vita ed ai lavori di Tito Livio Burattini, fisico agordino del secolo XVII.* Venezia, tip. Carlo Ferrari, 1896; publié dans les MEMORIE DEL R. ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI, Vol. XXV. N. 8.

mondo si può trovare una misura et un peso universale senza che habbiano relazione con niun' altra misura e niun altro peso et ad ogni modo in tutti li luoghi saranno li medesimi e saranno inalterabili e perpetui sin tanto che durerà il mondo „.

L'édition originale est devenue exceptionnellement rare. M. Favaro n'en connaît que deux exemplaires, l'un à Rome, à la Bibliothèque Nationale Victor-Emmanuel, où il est coté " 14, 34, N. 13 „ ; l'autre à la Bibliothèque Impériale et Royale de l'Académie des Sciences de Cracovie. Mais l'Académie de Cracovie a réédité le texte original de la " Misura universale „, en 1897, et en a fait publier, la même année, une traduction en polonais.

H. Bosmans, S. J.

BIOLOGIE

Lésions des cellules nerveuses sous l'influence de l'anémie aiguë (1). — Les Drs De Buck et De Moor ont étudié expérimentalement les troubles qui surviennent dans les cellules nerveuses de la moelle lombaire après compression de l'aorte abdominale, jusqu'à production de la paraplégie, pendant un espace de temps de cinq à dix minutes, puis pendant une demi-heure, puis une heure, progressivement jusqu'à vingt-quatre heures.

Ils ont observé une coloration diffuse du noyau (chromophilie) accompagnée de chromolyse périphérique, qui s'accentuent avec la durée de la compression et parfois une fragmentation des dentrites.

Après une heure on obtient de la chromolyse, de l'achromatose et l'atrophie homogène aiguë, si l'on augmente progressivement la survie des animaux en expérience jusqu'à huit jours.

Il suffit parfois d'une demi-heure de compression pour amener la nécrose aiguë. Après quinze heures le ganglion spinal est altéré de la même manière que la moelle.

On observe aussi l'augmentation progressive de petits éléments lymphoïdes transsudés qui seraient des neurophages.

(1) Drs L. De Buck et L. De Moor, Le Nevraxe, t. II, fasc. 1, 1900.

Nouveau procédé de section intracrânienne du trijumeau, du facial, de l'acoustique et des nerfs oculaires, chez le lapin (1). — L'auteur pénètre dans le crâne par la fosse mastoïdienne du temporal; il enlève le floculus du cervelet et par l'orifice de communication de la fosse mastoïdienne avec la cavité crânienne, il atteint facilement les racines de la cinquième paire. Il faut pour cela trépaner la portion triangulaire du temporal qui ferme en dehors la fosse mastoïdienne.

Cette nouvelle voie de pénétration lui permet de sectionner aussi le nerf facial et le nerf acoustique en changeant un peu la direction du neurotome.

Il a procédé ainsi pour sectionner des portions de la protubérance annulaire et des pédoncules cérébraux, le faisceau rubro-spinal, le noyau rouge.

Recherches expérimentales sur les localisations motrices médullaires chez le chien et le lapin (2). — L'arrachement et la rupture violente des nerfs, provoquent dans les cellules médullaires motrices des modifications que l'auteur étudie au moyen de la méthode de Nissl; il est parvenu ainsi aux conclusions suivantes :

1° La localisation motrice médullaire est une localisation segmentaire.

2° Il existe dans le renflement *cervico-dorsal* quatre *colonnes cellulaires* en connexion chacune avec un segment du membre, à savoir :

a) Une colonne qui s'étend de la partie médiane du cinquième segment cervical jusque vers la partie supérieure du premier segment dorsal, dont les cellules seraient en connexion avec les *muscles de l'épaule.*

b) Une autre s'étendant de la partie la plus élevée du sixième segment cervical jusque dans la partie supérieure du huitième segment cervical qui forme le noyau d'origine des branches nerveuses innervant les *muscles du bras.*

c) Une colonne cellulaire allant de la partie proximale du septième segment cervical jusque dans la partie distale du premier segment dorsal, qui serait le noyau d'origine des nerfs innervant les *muscles de l'avant-bras.*

d) Une colonne située au niveau du huitième segment cervical

(1) A. Van Gehuchten, Le Nevraxe, t. II, fasc. 1.
(2) C. De Neef, Le Nevraxe, t. I, fasc. 1, 1901.

et du premier segment dorsal qui forme le noyau moteur des *muscles de la main.*

3° Il existe dans le renflement *lombo-sacré* quatre colonnes cellulaires en rapport chacune avec un segment du membre inférieur :

a) La première s'étend du bas du troisième segment lombaire jusque dans la partie supérieure du sixième chez le chien, depuis le cinquième jusque dans le septième chez le lapin.

Elle innerverait les *muscles de la hanche.*

b) La seconde commence vers le milieu du quatrième segment lombaire pour se terminer à la partie supérieure du premier segment sacré, chez le chien ; elle commence au niveau du sixième, chez le lapin.

Elle innerverait les *muscles de la cuisse.*

c) La troisième commence, chez le chien au niveau du sixième segment lombaire, chez le lapin au niveau du septième pour se terminer dans le second segment sacré.

Elle innerverait les *muscles de la jambe.*

d) La quatrième s'étend, chez le chien et le lapin, dans les deuxième et troisième segments sacrés.

Elle innerverait les *muscles du pied.*

Régénération et développement (1). — L'auteur voudrait concilier les deux doctrines du Préformisme (Weismann), et de l'Épigénisme (Hertwig). Toutes deux sont trop absolues, et il y aurait moyen de les concilier en tenant compte des phénomènes qui accompagnent la régénération. Il suffirait de concevoir l'œuf comme une cellule différenciée, mais pas suffisamment toutefois pour qu'arrivée à la maturité, elle ne pût revenir à l'état embryonnaire et être capable, après fécondation, de la reproduction entière de l'être dont elle dérive. Les phénomènes qu'on observe dans le noyau pendant sa croissance seraient l'indice certain de cette différenciation, tandis que les phénomènes qui accompagnent la maturation auraient pour but principal de le ramener à cet état embryonnaire.

Étude du premier développement de l'œuf d'ascidie (2). — Le présent mémoire est la première partie d'un travail sur le développement de l'œuf de Molgula.

(1) Dr H. Strasser. Fischer, Iena, 1899.
(2) H. E. Crampton, Journal of Morphology, t. XV, supp. 1899.

Avant la maturation il distingue trois périodes; il base cette division sur l'évolution des enclaves vitellines.

1° Sous l'influence directe du noyau, il se forme dans le cytoplasme un grand nombre de granules, qui en s'accumulant près de la membrane nucléaire, coiffent la vésicule germinative sur un de ses hémisphères. Ces granules sont de nature albuminoïde.

Cette coiffe constitue la matrice des enclaves vitellines.

2° Une vacualisation progressive du cytoplasme lui donne une structure alvéolaire, et on retrouve les granules dans les parois des vacuoles, d'où ils se répandent dans tout le cytoplasme.

3° Ces granules ainsi dispersés grandissent et prennent la forme caractéristique des enclaves vitellines. C'est en vain que l'auteur essaie d'accorder ce processus avec celui que Wilson décrit dans l'œuf des échinodermes ; attendu qu'ils donnent aux enclaves vitellines une origine radicalement différente.

Sur la structure nucléolaire dans les cellules hypodermiques de la larve de Carpocapsa (1). — En concordance avec ses recherches antérieures et en se basant seulement sur la coloration, l'auteur trouve :

a) Un nucléole vrai (plasmosome) dans les cellules hypodermiques non différenciées.

b) Des nucléoles chromatiques, accolés ou distincts d'autres nucléoles vrais, dans les cellules des extrémités.

c) Un seul nucléole chromatique dans les cellules de la base des poils.

d) Un nucléole mixte au milieu d'autres, dans les cellules géantes de la lymphe.

Le nucléole chromatique dériverait d'un granule de l'élément nucléinien qui s'accroîtrait aux dépens des nucléoles vrais.

Régénération de tissus composés de parties provenant de deux espèces (2). — En greffant la queue de têtards de *Rana palustris*, sur le corps de *Rana sylvatica*, espèce dont l'embryon et l'œuf sont très pigmentés, et vice-versa, l'auteur a trouvé que les cellules gardent toujours les caractères spécifiques des cellules dont elles proviennent, sans être influencées

(1) Thomas H. Montgomery, Zoolog. Jahrb. Abth. für Anatom. Band XIII, 1900.

(2) T. H. Morgan, Biological Bulletin, t. I, n° 1, 1899.

par le voisinage d'autres cellules quoique beaucoup plus nombreuses, avec lesquelles elles sont en contact.

Autres expériences sur la régénération de tissus composés de parties dérivant de deux espèces (1). — L'auteur continuant ses expériences sur les mêmes espèces en modifiant le mode opératoire, arrive aux conclusions suivantes : La queue d'un têtard de grenouille peut être formée de tissus dérivant de deux espèces, sans qu'il se produise le moindre changement spécifique dans les cellules d'où ils proviennent. Les tissus restent invariables, mais concourent tous deux à former un simple organe morphologique qui est la queue.

Le mouvement protoplasmatique est un facteur de différenciation (2). — L'auteur a étudié avec soin les mouvements des éléments de la cellule pendant la segmentation de l'œuf, chez un grand nombre de Gastéropodes, mais surtout chez les *Crepidula*.

I. Avec la disparition du suc nucléaire, dans l'intérieur du corps cellulaire, dès le commencement de la mitose, des mouvements circulaires s'établissent dans le cytoplasme, dont les pôles du fuseau sont les centres.

II. Ces mouvements sont dans la cellule-fille en sens inverse de ceux qui se sont produits dans les précédentes (c'est le cas des cellules proches du pôle animal), en prenant comme point de repère la ligne de clivage. Prenons pour exemple le premier quartett d'ectomères, ils subissent un mouvement de rotation de gauche à droite (dextrogyre) ; le second quartett tourne de droite à gauche (sinistrogyre), le troisième de gauche à droite (dextrogyre).

Le contenu de la cellule subit des mouvements correspondants à ceux de la cellule entière.

Les cellules-filles dérivant du pôle végétatif (macromères) subissent des mouvements en sens inverse.

Le résultat de ces mouvements est, à la fin de l'extension du fuseau qui accompagne chaque clivage, d'amener les pôles du fuseau (sphères et centrosomes) aussi près que possible du pôle

(1) T. H. Morgan, Biologigal Bulletin, t. III, nº 3, 1900.

(2) Woods Holl Biological Lectures for 1898. Boston, Ginn et Cº, 1899. *Protoplasmatic movement as a Facteur of differentiation*, by Edwin G. Couklin.

animal. D'autre part, le corps intermédiaire est ramené au pôle végétatif. De cette manière la polarité originelle de la cellule est reconstituée après chaque mitose. L'auteur décrit ces mouvements, il les figure jusqu'au stade de vingt cellules, et les a suivis même dans des stades ultérieurs.

On peut en peu de mots caractériser ces mouvements de différenciation en disant que ces divisions cellulaires sont : 1° rythmiques ; 2° alternantes en direction ; que 3° les cellules-filles sont égales entre elles et 4° qualitativement semblables. De ces quatre traits du clivage différentiel, les trois derniers doivent être attribués, en dernière analyse, aux mouvements intérieurs de la cellule.

L'alternance de la direction de ces différents clivages, n'est pas due uniquement à la divergence des centrosomes-filles dans des plans successivement à angles droits. Ces divisions alternent seulement en direction, quand les mouvements cellulaires amènent le noyau du côté de la cellule opposé à celui dans lequel il se trouvait d'abord.

Si cette translation ne se produit pas, la direction des divisions successives n'alterne pas.

Un clivage inégal est associé à une position excentrique du fuseau produite par des mouvements actifs de la cellule.

Finalement, après les deux premiers clivages, chaque division est qualitativement différente (hétérogène) puisque la substance des sphères du clivage précédent est conduite dans chacune des deux cellules-filles, puisqu'une seule de celles-ci reste près du pôle animal.

Ainsi toute la substance des sphères du stade de quatre cellules passe dans les cellules supérieures (ses quartett d'ectomères) du stade de huit cellules, et toute la substance des sphères des macromères du stade de huit, passe dans le second quartett d'ectomères. Il existe ainsi une distribution différentielle de la substance des sphères à chaque clivage, et cette distribution différentielle est causée par les mouvements du contenu de la cellule.

L'auteur a observé des mouvements similaires pendant la maturation et la fécondation de l'œuf de ces animaux ; ils ont alors pour but de conduire le vitellus à un pôle et le protoplasme à l'autre, pour permettre la réunion et la fusion des deux pronucléi. Il est probable que ces mouvements sont dus à l'apparition de substances dans différentes parties de la cellule ayant une action chemiotropique différente.

Ces mouvements sont en corrélation avec l'accroissement et la disparition du noyau et du centrosome, et particulièrement avec l'expansion du suc nucléaire dans la cellule.

Ce n'est pas une partie isolée de la cellule qui est la cause de ces mouvements. Les centrosomes ne sont pas les seuls centres dynamiques ou cinétiques de la cellule, car le cytoplasme les emmène partout où il veut et détermine la division et situation relative et la qualité des cellules-filles.

Une démonstration expérimentale de la régénération du pharynx de Allabophora aux dépens de l'endoderme (1). — L'auteur enlève sept segments antérieurs, laisse la régénération se produire pendant quinze à dix-sept jours, puis réséque la partie régénérée par section, ou par brûlure. Il laisse l'animal se restaurer pendant quinze jours encore, puis le tue et le fixe, au moment où la dépression ectodermique de la bouche va rejoindre la nouvelle cavité pharyngienne régénérée aux dépens de l'endoderme ainsi que de la tunique musculaire.

Sur la structure du protoplasme dans l'œuf des Échinodermes et de quelques autres animaux (2). — De l'étude comparée d'un grand nombre d'espèces, étude faite sur l'objet vivant et fixé, l'auteur admet comme générale la structure suivante du protoplasme de l'œuf.

1° Le cytoplasme de l'œuf d'échinoderme a une structure alvéolaire, comme l'admet Butschli.

2° Il n'y a aucune raison d'admettre une différence entre la structure typique de Butschli et la prétendue structure pseudo-alvéolaire de Reinke. Les granules deutoplasmatiques des œufs de mollusques et d'annélides peuvent être regardés comme des alvéoles agrandies. Ils subissent au cours de leur vie des modifications chimiques et physiques et leur masse s'accroît.

3° Les rayons de l'aster et les filaments du fuseau sont de vraies fibrilles, et non des sections optiques de lamelles aplaties.

4° Une structure alvéolaire peut se transformer en structure fibrillaire et réticulaire, et aucune de ces structures ne peut être considérée comme générale et fondamentale ou constante dans une même cellule.

5° Les granules ou microsomes enrobés dans le réseau ne

(1) Joanna Kroeber, Biological Bulletin. Vol. II, n° 3. Boston, 1900.
(2) Edm. B. Wilson, Journal of morphology. Vol. XV, 1899.

sont pas des produits de coagulation, mais existent dans la substance vivante : on peut donc conclure avec quelque raison que les microsomes et les alvéoles diffèrent physiquement et chimiquement ; tous deux sont des gouttes liquides qui ont une origine commune, dans une substance fondamentale en apparence homogène d'où ils s'accroissent peu à peu au point de devenir visibles. C'est ce qui suggère l'idée de la composition de cette substance aux dépens d'éléments extrêmement petits qui s'agrandissent et se transforment jusqu'à devenir visibles.

La maturation et la fécondation de l'œuf de Limax agrestis (1). — Le centrosome de l'œuf de Limax apparaît dans l'œuf au stade de maturation sous différentes formes. Parfois comme un groupe de granules au stade d'archiamphiaster. Le centrosome granuleux de chaque pôle de l'archiamphiaster est souvent divisé en deux groupes distincts de granules, reliés entre eux ; ils ont alors la forme d'une cloche. Parfois ce n'est qu'un seul granule.

Après l'expulsion du second globule polaire, le centrosome apparaît comme un corps sphérique volumineux ; il devient granuleux et finalement se transforme en un réseau, sans se diviser et sans qu'il soit possible d'y découvrir un centrosome.

Cette centrosphère change de caractères pendant les stades de maturation. D'abord on y distingue des couches concentriques, puis un centre se colorant plus fort, avec une zone limitante simple, homogène, puis comme une sphère réticulée avec un corps volumineux et homogène en son milieu, enfin elle est entièrement réticulée.

La centrosphère de l'œuf disparaît. Elle est formée par le réseau cytoplasmatique de l'œuf, mais il n'existe pas d'archoplasme. Le spermatozoïde n'a pas de *mittelstück*.

Les asters du fuseau de segmentation apparaissent très rarement avant l'apposition des deux pronucléi. Parfois, mais très rarement, ils apparaissent avant que la maturation soit terminée. Il n'y a pas fusion des deux pronucléi en un noyau de segmentation.

Le fuseau de Limax n'est pas formé entièrement par un arrangement de substance nucléaire; dans le second fuseau de maturation il se forme entièrement, au contraire, dans l'intérieur du centrosome.

(1) Esther Fussell Byrnes, JOURNAL OF MORPHOLOGY. Vol. XIV, 1899.

Les rayons polaires du second fuseau se projettent de l'intérieur de la centrosphère dans le cytoplasme ; ce sont des corps de formation nouvelle.

L'aster spiralé se forme aussitôt après l'expulsion du second globule polaire, et alors seulement cette spirale indique un mouvement de rotation de gauche à droite. Cet aster spiralé est normalement en connexion avec l'aster ovulaire, mais il peut parfois et dans certaines conditions être en relation avec l'aster spermatique.

Recherches sur le développement de la ligne et du nerf latéral, chez les amphibiens (P. Federico Raffaele). — Sans se prononcer sur l'origine réelle du massif neurodermique qui leur donne naissance, l'auteur a suivi leur développement et leur transformation ; il établit qu'ils s'allongent rapidement : 1° par prolifération de leurs éléments ; 2° par leur allongement progressif.

L'auteur a observé une prolifération mitosique des noyaux, mais le protoplasme ne serait pas divisé en territoires cellulaires, il n'a pu en déceler les limites.

La spermatogénèse d'Amphiuma (1). — L'amitose est un processus normal de division dans les spermatogonies primaires ; les secondaires se divisent par mitose et contiennent le même nombre de chromosomes que les cellules somatiques. Pendant la période d'accroissement, au stade de synapsis se produit la réduction du nombre de chromosomes ; ils sont alors au nombre de douze. Ils se divisent longitudinalement, mais restent réunis par leurs extrémités et forment ainsi des anneaux à la couronne équatoriale. Pendant la métaphase de la première division de maturation (hétérotypie) les chromosomes-sœurs dérivant d'un anneau se brisent à l'endroit où se trouvaient les extrémités, et au même moment, chaque V se divise longitudinalement, de telle manière que chaque spermatocyte de second ordre reçoit douze chromosomes en V et fendus.

Pendant le stade de repos très court qui suit, les chromosomes deviennent indiscernables.

Dans la prophase de la division terminale, les douze V fendus réapparaissent ; l'auteur croit que ce sont les mêmes que nous avons vus se former dans l'anaphase de la mitose précédente.

(1) Howard Mc Gregor, JOURNAL OF MORPHOLOGY. Vol. XV, 1899.

Les douze chromosomes achèvent leur division indiquée et chaque cellule-fille reçoit douze chromosomes simples.

Il y a donc deux divisions longitudinales successives, et il n'y a pas de réduction transversale, puisque la réduction s'opère au stade de synapsis. Les centrosomes de spermatocytes de second ordre restent en dehors des sphères.

Les ponts intercellulaires et corpuscules intermédiaires en forme d'anneaux sont visibles au stade de spermatogonies secondaires, et de spermatocytes de premier et de second ordre.

La jeune spermatide contient deux centrosomes périphériques et une sphère. Le filament axial grandit aux dépens des centrosomes; l'un forme le bouton terminal, l'autre l'anneau qui l'entoure. Le bouton terminal prend la forme d'une cloche.

Une portion de la sphère donne naissance à l'acrosome et la portion restante émigre au pôle opposé (postérieur) avec le centrosome.

Cette dernière s'applique contre la membrane du noyau et donne naissance à un corps qui est le rudiment du *mittelstück*. Le bouton terminal (centrosome) est enrobé dans ce corps qui traverse la membrane du noyau. Le corps intermédiaire dérive donc de la sphère et contient un centrosome. La membrane vibratile dérive du filament axial.

Le centrosome annulaire s'allonge le long du filament axial, sa moitié dorsale reste en place, tandis que la ventrale suit l'avancement du manteau cytoplasmatique ; il se colore plus faiblement au fur et à mesure de l'allongement et semble enfin se confondre avec le filament axial. Le demi-anneau dorsal ne se fusionne pas au *mittelstück*.

Dr Hect. Lebrun.

SCIENCES AGRICOLES

Dans les diverses conférences qu'il a données sur le socialisme et la transformation capitaliste de l'agriculture, M. Vandervelde a soulevé une série de questions auxquelles nous croyons devoir répondre par quelques considérations scientifiques et par l'énumération de quelques réformes trop peu remarquées. Il affirme,

par exemple, " que le développement de l'industrie, en Belgique, a eu pour conséquence de faire tomber successivement les étançons de la propriété paysanne. „

C'est là une proposition très discutable, aujourd'hui surtout que nous voyons surgir comme par enchantement, dans bon nombre de régions agricoles, des habitations confortables de petits cultivateurs qui remplacent les chaumières d'antan où le paysan vivait misérablement de pain noir et de lait battu, quand il pouvait élever une vache.

C'est surtout *dans ces dernières années* que, grâce à l'extension des sociétés mutualistes, des coopératives, des banques Raiffeisen, etc., etc., dont le gouvernement conservateur encourage l'initiative de toutes manières, que la transformation des conditions d'existence de nos classes rurales s'est accentuée et accuse un progrès rapide et indiscutable du bien-être général, quoi qu'en puissent dire les orateurs qui s'appuient sur les données contradictoires et nécessairement incomplètes d'une statistique *qui s'arrête en 1895.*

Lorsqu'on étudie les phénomènes économiques au point de vue élevé où se place M. Vandervelde, il ne convient pas de tabler sur une parcelle aussi minime du territoire de l'Europe, alors surtout que l'évolution sociale de la Belgique présente des caractères tout à fait exceptionnels.

Nulle part, en Europe, on n'a vu un si petit pays acquérir un développement aussi rapide de la richesse et du bien-être par l'essor imprimé, depuis un demi-siècle, au commerce et à l'industrie. Et malgré cela, jamais, quoi qu'on dise, l'agriculture, qui a eu à traverser des crises diverses, dues, soit aux intempéries soit aux spéculations de l'étranger, n'a été aussi florissante. Les temps sont déjà loin, où la maladie de la pomme de terre, les sécheresses ou les inondations suffisaient pour déterminer la famine dans ces Flandres que l'on appelait à bon droit le jardin de l'Europe et dont les cultures florissantes étaient réputées dans le monde entier.

M. Vandervelde affirme " que la destruction des communaux, la décadence des industries du foyer, la production des valeurs d'échange au lieu de valeurs d'usage, les lois successorales sont les causes principales qui font que le faire valoir direct recule et que la propriété paysanne périclite. „

L'histoire démontre surabondamment que rien n'est plus dangereux en matière de sociologie, que de s'appuyer sur certains phénomènes momentanés, essentiellement éphémères et transi-

toires pour en déduire des lois, en prédire l'avenir. L'histoire de la propriété à Rome, à Carthage et dans les républiques latines prouve que les phénomènes sociaux relèvent, dans leurs transformations si diverses en apparence, de causes identiques dont les économistes du siècle dernier avaient déjà clairement entrevu l'enchaînement.

La loi du progrès social reste comparable à celle du progrès matériel, signalé par les naturalistes dans l'évolution terrestre. — Elle se manifeste par voie de *condensation*, d'*association* et de *division du travail*.

A chaque transformation correspond une période de crise, d'équilibre instable, précurseur d'un nouveau progrès organique ou social par la distribution lente de la matière et de l'énergie.

En dépit des statistiques plus ou moins discutables qu'il invoque sans cesse, le socialisme, comme le fait observer fort justement M. Leroy-Beaulieu, *est la négation de la méthode d'observation*.

" Il procède *à priori*, selon la méthode *géométrique* qui est abandonnée par toutes les autres sciences et qui ne peut être admise en sociologie. „

Il substitue à la *contrainte féodale* ou *militaire*, la *contrainte sociale*, dans la vie publique comme dans la vie privée.

C'est aux syndicats et aux associations agricoles inspirées par l'esprit chrétien qu'il appartient de triompher de ces utopies par la science vraie, *la science expérimentale et la science d'observation* qui nous montrent dans la nature *l'ordre et le progrès obtenus par des voies opposées à celles que le socialisme prétend ouvrir à l'humanité souffrante* ; c'est-à-dire par la hiérarchie, *l'inégalité des conditions*, la subordination volontaire, l'association libre et sans contrainte.

Le *positivisme* lui-même est complètement en aveu sur ce point : dans toutes les sociétés animales les plus admirées par les philosophes et par les naturalistes, l'ordre n'est obtenu que par l'*inégalité* en vertu de la loi du balancement organique et fonctionnel. Berthelot, S. J. Lubbock, Darwin, Haeckel, etc., sont unanimes à le reconnaître.

Herbert Spencer a développé sur ce thème les théories les plus ingénieuses, sinon les plus vraies, dans ses *Principes de sociologie* que nous avons analysés dans cette Revue, il y a plus de vingt ans (janvier 1879).

Le dernier Bulletin de l'agriculture pour l'année 1901, publié par la direction du service agricole de Belgique démontre,

par des statistiques rigoureuses, que le mouvement vers l'*association agricole* a pris dans ces dernières années une extension extraordinaire. L'enseignement populaire créé et dirigé par le service technique depuis quinze ans et l'initiative des écoles libres fondées par le clergé et subsidiées par le gouvernement, ont contribué pour la plus large part à cette véritable métamorphose qui a galvanisé les comices endormis.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les diagrammes et les cartes du BULLETIN en question pour être forcé de se rendre à l'évidence.

Comme on l'a fait remarquer déjà, en Belgique ce sont surtout les Unions professionnelles agricoles qui ont bénéficié de la loi de 1898, tandis qu'en France la loi de 1884 a donné un rapide essor aux syndicats.

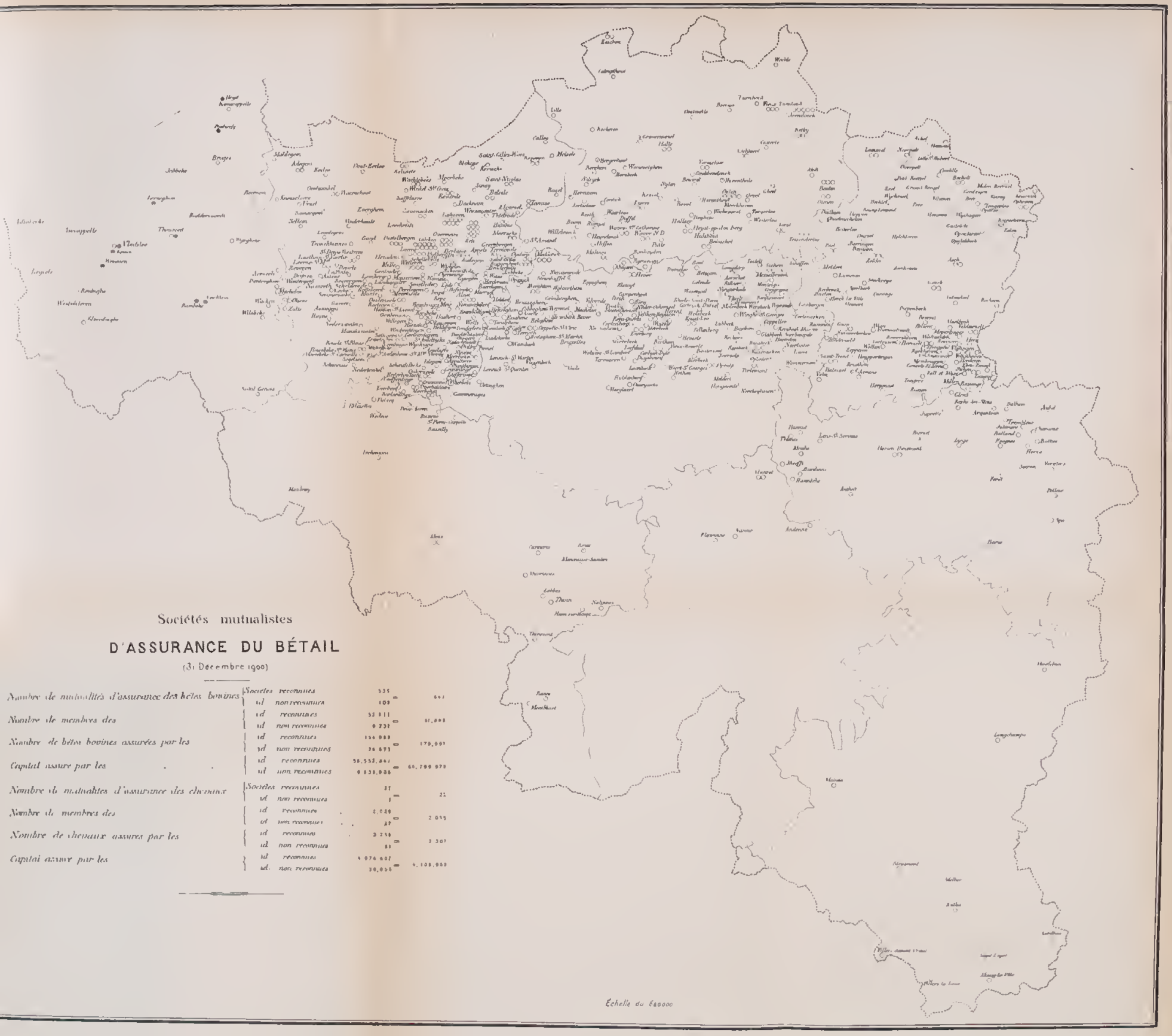
Sur trois cent et vingt unions professionnelles reconnues au 1er octobre 1901, deux cent septante-trois étaient des unions agricoles.

Les *ligues agricoles* constituées pour la défense des intérêts des cultivateurs ont prospéré rapidement dans nos centres religieux où l'influence du clergé est prépondérante. C'est là un fait reconnu par les socialistes eux-mêmes qui se réjouissent de la création de ces groupements sociaux sur lesquels ils prétendent mettre la main à courte échéance par la déchristianisation des campagnes.

La coopération et la mutualité sont le domaine propre des ligues agricoles.

Dès que l'association professionnelle, connue sous le nom de *Boerengilde*, syndicat paroissial ou union agricole est fondée, ses premiers efforts visent à la création d'une section pour l'achat en commun de matières premières, qui s'entend souvent avec d'autres associations locales pour le groupement des commandes. Cette combinaison a donné lieu à la création des sociétés centrales d'achat organisées avec l'aide des comités fédéraux des ligues, et qui, grâce à l'importance de leurs opérations, peuvent traiter avec les producteurs et garantir la valeur des matières vendues au moyen d'analyses effectuées à prix réduit.

La REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES a consacré l'an passé un article spécial à l'étude du fonctionnement de ces ligues, *Boerenbonds*, caisses Raiffeisen, etc. Nous croyons donc inutile d'insister; bornons-nous à signaler aux lecteurs la carte polychromée des différentes unions professionnelles agricoles de Belgique arrêtée au 31 décembre 1900 et celle, plus suggestive encore, des sociétés mutualistes d'assurance du bétail qui ont


Sociétés mutualistes
D'ASSURANCE DU BÉTAIL
(31 Décembre 1900)
Nombre de mutualités d'assurance des bêtes bovines
Sociétés reconnues 535
id non reconnues 109
641
Nombre de membres des
id reconnues 52 811
id non reconnues 9 232
61,888
Nombre de bêtes bovines assurées par les
id reconnues 134 983
id non reconnues 26 873
179,997
Capital assuré par les
id reconnues 58,553,841
id non reconnues 9 838,938
68,799 979
Nombre de mutualités d'assurance des chevaux
Sociétés reconnues 21
id non reconnues 1
22
Nombre de membres des
id reconnues 2,028
id non reconnues 27
2 055
Nombre de chevaux assurés par les
id reconnues 3 258
id non reconnues 51
3 307
Capital assuré par les
id reconnues 4 074 607
id. non reconnues 30,058
4,108,958
Échelle du 600000

LIBRARY
NEW YORK
OF NATURAL HISTORY

pris une extension prodigieuse dans le nord du pays, surtout dans la Flandre orientale, la province d'Anvers, le Brabant flamand, le Limbourg ; tandis qu'elles ne constituaient que quelques points isolés dans la Flandre occidentale et le pays wallon. Enfin, la carte des laiteries coopératives qui se sont multipliées surtout dans les provinces de Limbourg et de Luxembourg, dans la Flandre orientale et le *Hainaut* où dominent les laiteries à vapeur.

Pour mieux juger de l'insuffisance des conclusions des sociologues qui spéculent sur les données de la statistique décennale, il faut comparer les derniers chiffres recueillis par le service de la statistique agricole avec ceux de 1895.

Rien de plus frappant que la progression croissante dans le nombre des associations de tout genre favorisées des subsides du gouvernement.

31 décembre 1895	31 octobre 1901
69 laiteries coopératives en activité — total des opérations 3 236 900 francs.	Il y avait 455 laiteries coopératives, au 31 décembre 1900, le total des opérations s'élevait à 21 000 000 de francs.

ASSURANCE DU BÉTAIL.

En 1895, il y avait 279 mutualités — opérations, valeur totale 24 millions de francs (pas de mutualités d'assurance des chevaux).	1900 : 31 décembre, en activité : 668 mutualités ; valeur totale : 61 millions de francs (bétail) au 31 octobre 1901, le nombre s'élève à 680 mutualités. — (Le capital de chevaux assurés dépasse 4 millions de francs).

Les coopératives de laiterie seules ont augmenté de 1895 à 1899 de 229 ou 332 p. c.

Le nombre des membres a augmenté de 30 704, soit 878 p. c.

De 1897 à 1899, le nombre des vaches inscrites a augmenté de 36 558, soit 72 p. c.

Le montant des ventes a augmenté, de 1895 à 1899, de 14 535 406 francs, soit de 449 p. c.

Ces chiffres en disent plus long, croyons-nous, que tous les commentaires des pessimistes qui ne cessent, depuis vingt ans, de prédire la ruine de notre industrie agricole.

La moyenne des membres par société était de 115 en 1899 et de 114 en 1900.

La moyenne des vaches possédées par coopérateur n'atteint

pas trois têtes (2.71), ce *qui prouve que ce sont surtout les petits cultivateurs qui recourent à ce mode de coopération.*

Les produits vendus par les laiteries coopératives sont évalués, pour 1900, à 20 772 920 francs, représentant une moyenne de 58 351 francs par société et de 510 francs par membre.

En 1899, la valeur des produits vendus a atteint la somme de 17 772 345 francs, soit une moyenne de 59 639 francs par société et de 519 francs par membre.

D'après les tableaux statistiques du commerce avec les pays étrangers, les importations de beurre et de fromages (non compris les fromages mous et blancs), *pour être mis en consommation dans le pays*, se sont élevées, en 1900, à 12 014 631 kilogrammes estimés à 21 796 804 francs, alors que les exportations des mêmes produits *(belges ou nationalisés)* ne se sont élevées qu'à 2 681 796 kilogrammes évalués à 7 343 316 francs.

Ces chiffres se décomposent comme suit :

	IMPORTATIONS.		EXPORTATIONS.	
	Poids (kilog.)	Valeur (fr.)	Poids (kilog.)	Valeur (fr.)
Beurre . . .	3 632 351	10 061 612	2 619 563	7 256 190
Fromages . .	8 382 280	11 735 192	62 233	87 126

L'excédent des importations sur les exportations de beurre n'est donc que de 1 012 788 kilogrammes évalués à 2 805 422 fr., alors que pour les fromages l'excédent est de 8 320 047 kilogrammes évalués à 11 648 066 fr.

Cette situation montre qu'il est utile de donner une nouvelle orientation à l'activité des laiteries. *Sous peine de voir leur expansion arrêtée, elles auront à chercher de sérieux débouchés à l'étranger* et de nouvelles ressources *dans la fabrication du fromage, qui n'a, pour le moment, aucune importance* malgré les efforts tentés par le service agricole pour relever cette industrie, notamment dans le pays de Herve.

En terminant, plaçons sous les yeux du lecteur le tableau suivant qui prouve que les prévisions du département de l'agriculture se sont réalisées au delà de toute espérance et qu'il dépend aujourd'hui des cultivateurs de se mettre à l'abri des risques trop justement redoutés jusqu'ici dans l'élevage du bétail et qui constituaient le principal obstacle au développement de cette industrie agricole si rémunératrice. En effet, quand elle est pratiquée avec intelligence, elle peut compenser amplement la mévente des céréales, certaines années calamiteuses, et grâce aux caisses de réassurances ouvertes sous le ministère

De Bruyn les assurés sont désormais à l'abri des mécomptes inévitables du début.

Les sociétés mutualistes créées depuis 1896 contre la mortalité des chevaux contribuent également à développer dans une large mesure cet élevage plus rémunérateur encore, aujourd'hui que nos chevaux de gros trait ont conquis dans le monde entier une réputation incontestée.

Conformément à l'arrêté royal du 18 octobre 1889, qui règle leur organisation et leur fonctionnement, les comices s'attachent à faire progresser l'agriculture spécialement par des concours, des expositions et des champs d'expériences. Leur but se différencie ainsi de celui des ligues agricoles, qui déploient particulièrement leur activité sur le terrain de la coopération et de la mutualité.

Dans le courant de 1900, les comices ont organisé 14 concours d'arrondissement et 51 concours cantonaux.

Indépendamment des jardins d'essais organisés par certaines commissions provinciales d'agriculture, les comices ont institué, en 1900, 30 champs d'expériences ; ils ont créé de nombreux syndicats d'élevage, notamment dans les provinces d'Anvers, de Flandre occidentale, de Flandre orientale, de Limbourg, de Luxembourg et de Namur ; ils ont contribué à la vulgarisation des machines et à la diffusion de l'enseignement agricole en patronnant les conférences instituées par le gouvernement.

En 1900, les 156 comices comprenaient 28 133 membres, soit 180 membres par comice.

Au 31 décembre 1899, il y avait 155 comices et les membres de ces associations étaient au nombre de 27 402, soit en moyenne 177 par comice.

Les Conseils ont vu augmenter leurs membres de 4230 membres (de 1895 à 1899), soit de 18 p. c. Leurs recettes ont augmenté de 72 000 francs, soit de 23 p. c.

Le Bulletin de l'agriculture dont nous extrayons ces renseignements, est le tome sixième de la série de 1901 qui comprend plus de douze cents pages et n'a cessé de présenter le plus vif intérêt pour les savants comme pour les agriculteurs.

Ce dernier volume contient :

1° Le rapport détaillé, pour chaque région, sur la situation des récoltes fourni trimestriellement par les agronomes de l'État.

2° Les résultats des champs d'expériences de l'État pour pomme de terre et avoine institués de 1897 à 1899 par M. l'agronome Schreiber, de Hasselt.

3° L'enseignement agricole en France, par M. Vander Vaere, ingénieur agricole de l'Université de Louvain.

4° L'exploration du sol belge, par M. Pétermann de Gembloux.

5° La statistique comparée des industries agricoles en 1900.

6° Exportation et importation des produits agricoles de 1896 à 1900.

Beaucoup de cultivateurs ignorent encore l'existence de cette publication si appréciée à l'étranger, depuis que notre enseignement agricole supérieur et moyen a pris le développement que l'on sait.

V. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE ET NOTES

—

Observatoire royal de Belgique. Annuaire météorologique pour 1902. Un vol. in-16 de 670 pages, avec figures et planches. Bruxelles, Hayez, 1902.

Ce volume contient : des *Éphémérides astronomiques* (1-23) ; des *Ephémérides météorologiques et naturelles* (24-42) ; la suite d'un intéressant travail de M. J. Vincent intitulé : *Aperçu historique de la météorologie en Belgique* (43-181) ; le présent chapitre embrasse le sujet depuis la fondation de l'Académie des Sciences de Bruxelles (1772), jusqu'aux premiers travaux de l'Observatoire royal ; des *Données météorologiques* relatives à la Belgique, par M. Lancaster (182-319) ; une notice de M. E. Vanderlinden sur *les Conditions météorologiques de la haute atmosphère* (320-373) ; un *Recueil de renseignements divers*, utiles aux météorologistes (374-441), une étude sur *les Mouvements de l'atmosphère d'après les observations des nuages faites à l'Observatoire royal de Belgique*, par P. Marchal (442-454) ; le *Résumé des observations météorologiques faites à Uccle pendant l'année 1901* (455-470) ; *le Climat de la Belgique en 1900*, par A. Lancaster (471-665).

Société belge d'Astronomie. Annuaire pour l'an 1902. Un vol. in-16 de 199 pages, avec figures. Bruxelles, Larcier, 1902.

Trois notices scientifiques : *La Nova de Persée*, par Dehalu : *Les Mers de la Lune*, par J. Vincent ; *Poids et Mesures*, par A. Damry.

J. Vincent. Études sur les Nuages. In-4° de 9 pages, avec figures et trois planches hors texte. Bruxelles, Hayez, 1901.

Marc Dechevrens, S. J. Les Variations passagères de la température. Causes ou effets des tourbillons atmosphériques (Extrait des Memorie della Accad. Romana dei Nuovi Lincei, t. XIX). In-4° de 32 pages. Rome, 1902.

A. Witz. Rendement comparé des Machines a vapeur et des Moteurs a gaz (Extrait de L'Éclairage électrique des 4 et 11 janvier 1902). In-4° de 26 pages. Paris, C. Naud, 1902.

Travail d'ordre technique dans lequel le savant professeur des Facultés catholiques de Lille spécifie, par des chiffres, la perfection relative des machines à vapeur et à gaz, au moment actuel, en déterminant le rapport entre le calorique transformé en travail et le calorique disponible. Voici ses conclusions :

" Le rendement thermique du gazogène est légèrement supérieur à celui de la chaudière ; le rendement du moteur à gaz dépasse de beaucoup celui de la machine à vapeur. La consommation de charbon par cheval-heure indiqué des moindres installations de gazogènes et moteurs est loin d'égaler celle des plus importants groupes de chaudières et machines, même avec surchauffe.

„ Considérant que, pour des machines thermiques ayant pour objet de produire du travail par la transformation de la chaleur, la base de comparaison la plus rationnelle et la plus sûre repose sur la mise en parallèle des taux de transformation des calories en kilogrammètres, nous devons reconnaître que les appareils à vapeur sont mis en échec par les appareils à gaz.

„ Ces conclusions sont d'ordre exclusivement technique.

„ Nous laissons de côté, provisoirement, des considérations d'ordre commercial relatives au prix du combustible, aux conditions de son emploi, à l'élasticité et à la sécurité des appareils, et aux avantages spéciaux qu'ils peuvent présenter. „

H.-G. Zeuthen. Histoire des Mathématiques dans l'antiquité et le moyen âge. Édition française, revue et corrigée par l'auteur, traduite par Jean Mascart. Un vol. in-8° de 296 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1902.

C'est la troisième édition d'un ouvrage successivement élargi et amélioré : édition danoise, en 1893 ; édition allemande, en 1895. Il est destiné spécialement aux professeurs et aux étudiants se préparant à l'enseignement des mathématiques. Les matériaux ont été empruntés aux meilleures sources ; leur mise en œuvre tend surtout à mettre en lumière l'évolution des idées, des méthodes et de leurs applications. Une courte introduction est consacrée aux *Mathématiques préhistoriques*, aux *Égyp-*

tiens et aux *Babyloniens*. Le corps de l'ouvrage est divisé en trois sections : *les Mathématiques grecques, les Mathématiques indiennes* et le *Moyen âge*. La première section, la plus longue et la mieux soignée, est celle qu'on lira avec le plus de profit.

Dr E. Hammer. Sechsstell. Tafel der Werte Log 10 $\frac{1+x}{1-x}$. Für jeden Wert des Arguments Log x von 3.0 — 10 bis 9.99000 — 10. Un vol. in-8° de IV-73 pages, dont 10 pages de tables et 13 d'instructions. Leipzig, B. G. Teubner, 1902.

J.-J. Kieffer. Monographie des Cécidomyides d'Europe et d'Algérie. Un vol. in-8° de 292 pp. et 30 planches (Extr. des Ann. de la Soc. Entomolog. de France, t. LXIX). Paris, 1901.

La Revue publiera, dans une prochaine livraison, des comptes rendus des ouvrages suivants :

C. Wolf. Histoire de l'Observatoire de Paris, depuis sa fondation a 1793. Un vol. gr. in-8° de 392 pages et 16 planches. Paris, Gauthier-Villars, 1902.

P. Duhem. Thermodynamique et Chimie. Leçons élémentaires à l'usage des chimistes. Un vol. grand in-8° de x-496 pag. Paris, Librairie scientifique, A. Hermann, 1902.

G. Lechalas. Études esthétiques. Un vol. in-8° de 306 pages. Paris, F. Alcan, 1902.

D. Nys. La Notion d'espace, au point de vue cosmologique et psychologique. Un vol. petit in-8° de 289 pages. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1901.

Nous avons signalé, dans notre dernier bulletin bibliographique, la Notice sur *la Télégraphie sans fil*, publiée par M. H. Poincaré dans l'Annuaire du Bureau des longitudes pour 1902. C'est par erreur que le *tube à limaille*, employé comme récepteur des ondes hertzéennes, est présenté dans cette Notice comme ayant eu *deux* inventeurs : M. Branly et M. Lodge. Comme l'atteste une lettre de M. Lodge à M. Branly, du 8 janvier 1899, M. Lodge ne revendique aucune part dans la découverte que M. Branly a faite, en 1890, de l'action que les étincelles électriques exercent à distance sur les limailles métalliques (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, t. CXXXIV, n° 2, 13 janvier 1902, p. 132). — Signalons aussi, à propos de la découverte et de l'emploi des *radio-conducteurs à contact unique*, la note de M. Branly, publiée dans les Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, t. CXXXIV, n° 6, 10 février 1902, p. 347.

TABLE DES MATIÈRES

DU

PREMIER VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LI DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JANVIER 1902

LE VÉRITABLE CONCEPT DE LA PLURALITÉ DES MONDES, par **M. C. de Kirwan.** 5

LES SANATORIA POUR TUBERCULEUX, par **M. le Dr Moeller.** 40

LA CHÈQUE ET LA COMPENSATION, par **M. Éd. Van der Smissen** 64

VERS LE PÔLE NORD, par **M. le Mis de Nadaillac.** . . . 88

LES FOURS ÉLECTRIQUES, par **M. Éd. Capelle** 145

LES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE ET LES IDÉES DE HERTZ, par **M. le Vte R. d'Adhémar** 173

HENRI A. ROWLAND. ÉLECTRODYNAMIQUE. — RÉSEAUX DE DIFFRACTION, par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 205

VARIÉTÉS. — I. *La Fabrication du carbure de calcium en France. au début de 1901*, par **M. Éd. Capelle.** 232

II. *Troisième centenaire de la mort de Tycho Brahe*, par **J. T., S. J.** 248

BIBLIOGRAPHIE. — I. Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, herausgegeben von G. Hauck in Berlin und A. Gutzmer in Jena, **P. M.** 260

II. Théorie analytique de la chaleur, par J. Boussinesq, **J. T.** 262

III. Œuvres scientifiques de Gustave Robin, réunies et publiées par Louis Raffy, **J. T.** 267

IV. Cours d'électricité, par H. Pellat, **V. S.** . . . 269

V. Leçons sur les moteurs à gaz et à pétrole, par L. Marchis, **L. T.** 274

VI. Annales célestes du XVIIe siècle, par A. G. Pingré. **T.** 275

VII. Les Carbures d'hydrogène, par M. Berthelot, **H. D. G., S. J.** 276

VIII. Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, à l'usage des étudiants en géologie et des ingénieurs des mines, par Julien Fraipont, **G. Schmitz, S. J.** 280

IX. Le Transformisme médical, par le Dr H. Grasset, **Dr Surbled** 283

X. Les Cinq Parties du monde, IIe partie, par Alexis-M. G., **D. L.** 285

XI. La Logique de Leibniz, par Louis Couturat, **G. Lechalas** 289

XII. Spiritualité et Immortalité, par V. Bernies, **H. L.** 301

XIII. Cours de philosophie. Premier volume, Logique, par le P. A. Castelein, S. J., **P. S.** 306

XIV. Cours d'économie politique. Tome I, par C. Colson, **A. V.** 309

XV. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : I. Le Vin, par H. Astruc. II. Analyse des matières grasses, par G. Halphen. III. Mesures électriques, par Eug. Vigneron, **X.** 314

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE, par M. **A. de Lapparent** 317

SCIENCES INDUSTRIELLES, par **N. S.** 324

PHYSIQUE, par **J. T.** 333

MÉDECINE, par M. **F. Meunier** 343

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE ET NOTES. 348

LIVRAISON D'AVRIL 1902

—

Atomes et Molécules, par **M. A. de Lapparent**. . . . 353

Trois Voyageurs vénitiens au XIIIe siècle *(Suite)*, par le **R. P. A. J. Delattre, S. J.** 388

Le Chèque et la Compensation *(Suite)*, par **M. Éd. Van der Smissen**. 444

L'Immunité contre les maladies infectieuses, par **M. le Dr Moeller** 490

Machines algébriques, par **M. L. Torres** 518

La Langue internationale, par le **R. P. P. Peeters, S. J.** 547

Variétés. — I. *A propos du Voandzou et de l'Arachide*, par **M. É. De Wildeman** 587

II. *La Pression de la lumière*, par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 595

III. *Toute activité se réduit-elle au mouvement et à la force ?* par le **R. P. G. Hahn, S. J.** . . 607

Bibliographie. — I. La Fonction gamma, par Maur. Godefroy. **Ch.-J. de la Vallée Poussin** 623

II. Leçons sur les séries à termes positifs, par Émile Borel, rédigées par M. le Vte R. d'Adhémar, **M. d'Ocagne**. 626

III. Cours de Mécanique à l'usage des Candidats à l'École Centrale des Arts et Manufactures, par P. Appell, **M. d'Ocagne** 630

IV. Résistance des matériaux et Éléments de la théorie mathématique de l'élasticité, par Aug. Föppl, **M. d'Ocagne** 632

V. Quelques réflexions sur la Mécanique suivies d'une première leçon de Dynamique, par É. Picard, **M. d'Ocagne** 637

VI. Grundlinien der politischen Arithmetik, von Dr Moritz Kitt, **E. F.** 639

VII. Traité de Cinématique, par H. Sicard, **J. T.** . . 642

VIII. La Selenografia antica e moderna. studio storico-scientifico. di Bellino Carrara, S. J.. **J. T.** 643

IX. The Gold of Ophir. Whence brought and by Whom? by Professor A. H. Keane. F. R. G. S.. **J. Van den Gheyn, S. J.** 644

X. Le Compagnonnage. par E. Martin Saint-Léon, **G. Lechalas** 652

XI. Saint Anselme, par M. le Comte Domet de Vorges. **E. R.** 654

Revue des recueils périodiques.

Histoire des mathématiques. par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** 659

Biologie, par M. le **Dr H. Lebrun** 682

Sciences agricoles, par **V. D. B.** 691

Bulletin bibliographique et notes. 698

Louvain. — Imp. Polleunis & Ceuterick, 32, rue des Orphelins, 32

AMNH LIBRARY
100226251